



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0124000
(43) 공개일자 2014년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16L 55/18 (2006.01) F16L 55/1645 (2006.01)
B25J 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7025356
(22) 출원일자(국제) 2013년02월15일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년09월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/026308
(87) 국제공개번호 WO 2013/123303
국제공개일자 2013년08월22일
(30) 우선권주장
61/600,433 2012년02월17일 미국(US)

(71) 출원인
파이프 컴파니, 엘.엘.씨.
미국 캘리포니아 92126 샌 디에고 미랄라니 드라이브 8380
(72) 발명자
구델, 라이언
미국 캘리포니아 92126 샌 디에고 미랄라니 드라이브 8380
위소츠케이, 셴
미국 캘리포니아 92126 샌 디에고 미랄라니 드라이브 8380
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인원전

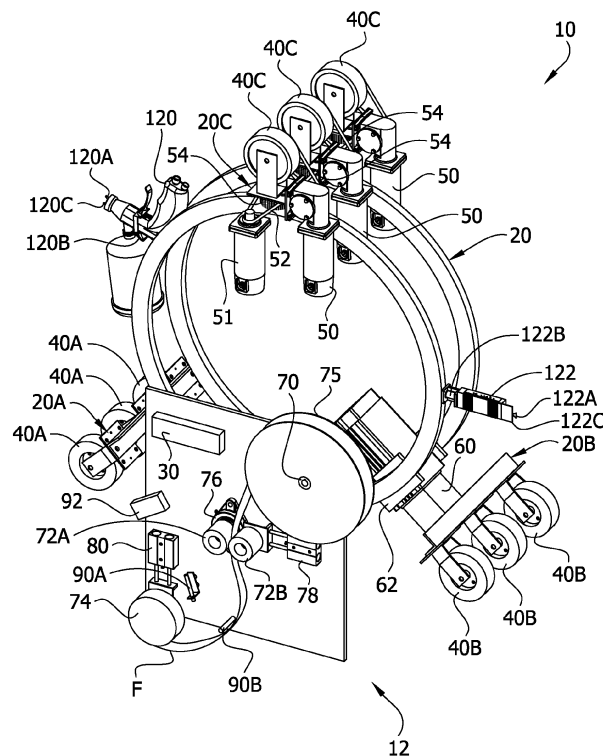
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 섬유 다발들 및 섬유 다발 리본을 사용하여 파이프를 보강하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

파이프를 보강하기 위한 시스템들 및 방법들. 로봇은 대체로 나선 패턴으로 파이프의 내면에 수지 및/또는 섬유를 도포하기 위해 파이프 내에서 회전하게 구성된다. 파이프에 수지 및/또는 섬유의 도포는 요망되는 응용을 달성하기 위해 능동적으로 조절될 수 있다. 로봇이 로봇의 회전당 파이프를 따라 이동하는 비율은 조절될 수 있다. 섬유가 파이프의 내면 쪽으로 전진되는 비율은 대체로 장력이 없는 상태로 파이프의 내면에 섬유의 도포를 위해 조절될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

카, 히스

미국 캘리포니아 92126 샌 디에고 미랄라니 드라이브 8380

파이프, 에드워드

미국 캘리포니아 92126 샌 디에고 미랄라니 드라이브 8380

특허청구의 범위

청구항 1

원주를 포함하는 내면 그리고 세로방향 축선을 갖는 파이프 내에서 회전하도록 구성된 로봇에 있어서,

축선을 갖는 프레임으로서, 사용시 상기 프레임은 상기 축선에 관하여 회전하도록 구성된 것이며, 상기 회전 축선은 상기 로봇이 상기 파이프 내에 위치되어 있을 때 상기 파이프의 상기 세로방향 축선과 전반적으로 동일한 방향으로 확장하는 것인, 상기 프레임;

서로 다른 원주 위치들에서 상기 파이프의 상기 내면과 맞물리기 위해 상기 회전 축선에 관하여 서로 다른 방사상 위치들에서 상기 프레임에 연결되는 복수의 휠들;

상기 휠이 상기 파이프의 상기 내면을 따라 굴러가게 하고 상기 파이프의 상기 세로방향 축선에 관하여 상기 파이프 내에서 상기 프레임이 회전하게 하기 위해 상기 휠들 중 적어도 하나를 구동하도록 구성된 구동 메커니즘을 포함하고;

상기 휠들은 상기 프레임이 상기 파이프 내에서 회전할 때 상기 프레임을 상기 파이프의 상기 세로방향 축선을 따라 이동하기 위해 대체로 나선 경로로 상기 파이프의 상기 내면을 따라 굴러가게 구성되는 것인, 로봇.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 휠들 중 적어도 하나는 상기 프레임의 상기 회전 축선에 관하여 상기 휠이 방사상으로 선택적인 이동을 허용하기 위하여 상기 프레임에 이동 가능하게 연결된, 로봇.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 프레임에 연결된 재료 도포 어셈블리를 더 포함하고, 상기 섬유 도포 어셈블리는 상기 프레임이 상기 파이프 내에서 이동할 때 대체로 나선 패턴으로 상기 파이프의 상기 내면에 재료를 도포하게 구성된, 로봇.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 재료 도포 어셈블리는 상기 프레임이 상기 파이프 내에서 회전할 때 상기 파이프의 상기 내면에 대고 상기 재료 직포를 누르기 위한 누름 부재를 포함하는, 로봇.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 재료 도포 어셈블리는 상기 재료 직포를 상기 누름 부재 쪽으로 전진하게 구성된 구동 메커니즘을 포함하는, 로봇.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 누름 부재를 상기 파이프의 상기 내면에 도포하기 위한 재료의 공급을 유지하게 구성된 재료 홀더를 더 포함하는, 로봇.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 제어 시스템을 더 포함하며, 상기 제어 시스템은 상기 파이프의 상기 내면에 대고 상기 누름 부재에 의해 눌러지는 상기 재료가 대체로 장력이 없는 상태에 있게 상기 구동 메커니즘이 상기 재료 직포를 상기 누름 부재 쪽으로 전진하는 비율을 조절하기 위한 명령들을 포함하고 상기 구동 메커니즘에 작동식으로 연결되는 제어기를 포함하는, 로봇.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 제어 시스템은 직포 장력 센서를 포함하며, 상기 직포 장력 센서는 상기 재료 도포 어셈블리 상에 상기 재료 직포의 장력을 감지하고 상기 직포의 상기 장력을 나타내는 직포 장력 신호를 발생하게 구성되고, 상기 제어기는 상기 직포 장력 센서로부터 수신된 상기 직포 장력 신호의 함수로서 상기 구동 메커니

즘이 상기 재료 직포를 상기 누름 부재 쪽으로 전진하는 비율을 조절하기 위한 명령들을 포함하고 상기 직포 장력 센서에 작동식으로 연결되는, 로봇.

청구항 9

청구항 3에 있어서, 상기 프레임이 상기 파이프 내에서 회전할 때 상기 파이프의 상기 세로방향 축선을 따라 상기 프레임이 전진하는 비율을 변경하게 상기 프레임에 관하여 상기 휠들 중 적어도 하나의 놓인 방위를 조절하게 구성된 조절 메커니즘을 더 포함하는, 로봇.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 파이프 내 회전에서 도포된 재료가 이전 회전에서 도포된 재료로부터 대체로 일관되게 이격된 대체로 일관된 나선 패턴으로 상기 재료 도포 어셈블리가 상기 파이프의 상기 내면에 섬유를 도포하게 상기 휠의 상기 방위를 자동으로 조절하기 위한 명령들을 포함하고 상기 조절 메커니즘에 작동식으로 연결된 제어기를 포함하는 제어 시스템을 더 포함하는, 로봇.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 제어 시스템은 상기 재료 도포 어셈블리에 의해 상기 파이프의 상기 내면에 도포되는 재료의 위치를 감지하고 상기 위치를 나타내는 재료 위치 신호를 발생하게 구성된 재료 위치 센서를 포함하며, 상기 제어기는 상기 섬유 위치 센서로부터 수신된 상기 재료 위치 신호의 함수로서 상기 휠의 상기 방위를 조절하기 위한 명령들을 포함하고 상기 재료 장력 센서에 작동식으로 연결된 것인, 로봇.

청구항 12

청구항 10에 있어서, 상기 제어 시스템은 상기 파이프의 상기 세로방향 축선에 관하여 상기 프레임의 연이은 회전들에서 상기 파이프의 상기 내면에 도포되는 재료의 대체로 일관된 중첩을 달성하기 위해 상기 휠의 방위를 조절하기 위한 명령들을 포함하는, 로봇.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 상기 프레임에 연결된 수지 도포기를 더 포함하고, 상기 수지 도포기는 상기 프레임이 상기 파이프 내에서 회전할 때 대체로 나선 패턴으로 상기 파이프의 상기 내면에 수지를 도포하게 구성된, 로봇.

청구항 14

파이프를 보강하기 위해 상기 파이프의 내면에 재료를 도포하는 방법에 있어서,

상기 휠이 연결된 프레임이 상기 파이프 내에서 회전하여 상기 파이프의 세로방향 축선을 따라 이동하게 하도록 상기 파이프의 상기 내면에 대하여 휠을 구동시키는 단계;

상기 프레임이 상기 파이프 내에서 회전할 때, 재료 직포로부터 재료를 대체로 나선 패턴으로 상기 파이프의 상기 내면에 도포하는 단계를 포함하는, 재료 도포 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서, 상기 파이프의 상기 내면에 도포될 때 상기 재료 직포가 대체로 장력이 없게 상기 재료 직포가 상기 파이프의 상기 내면 쪽으로 전진되는 비율을 자동으로 조절하는 단계를 더 포함하는, 재료 도포 방법.

청구항 16

청구항 14에 있어서, 상기 파이프의 상기 내면에 도포되기 전에 상기 재료 직포의 장력을 감지하고 상기 감지된 장력의 함수로서 상기 재료 직포가 상기 파이프의 상기 내면 쪽으로 전진되는 상기 비율을 조절하는 단계를 더 포함하는, 재료 도포 방법.

청구항 17

청구항 14에 있어서, 회전에서 상기 파이프 내 도포되는 재료가 이전 회전에서 도포된 재료로부터 대체로 일관되게 이격되는 대체로 일관된 나선 패턴으로 상기 파이프의 상기 내면에 재료를 도포하기 위해 상기 파이프 내

에서 상기 프레임의 회전당 상기 파이프의 상기 세로방향 축선을 따라 상기 프레임이 이동하는 상기 비율을 자동으로 조절하는 단계를 더 포함하는, 재료 도포 방법.

청구항 18

구조물을 보강하기 위해 상기 구조물에 섬유를 도포하는 방법에 있어서,

섬유를 누름 부재 쪽으로 구동시키는 단계;

상기 섬유를 상기 구조물 상에 누름으로써 상기 구조물에 상기 섬유를 도포하기 위해 상기 구조물에 관하여 상기 누름 부재를 이동시키는 단계;

상기 구조물에 대고 상기 누름 부재에 의해 눌러진 상기 섬유가 대체로 장력이 없게 상기 섬유가 상기 누름 부재 쪽으로 구동되는 비율을 자동으로 조절하는 단계를 포함하는, 섬유 도포 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 파이프 재생에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 섬유 다발 리본 형태일 수 있는 섬유 다발들을 사용하여 파이프를 보강하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 미국토목학회(ASCE)에 따르면, 미국의 전국 식수 및 폐수 기반시설은 D- 등급을 갖는다. 결국, 매년 24만 건 이상의 수도 본관 파손이 일어나며, 문제를 적절히 해결하기 위해 앞으로 5년간 2,550억 달러가 필요할 것으로 추산된다. 파열 비용의 원인은 파이프 자체의 보수에 있을 뿐만 아니라, 파손당 2,500만 갤런의 물이 낭비되는 것으로 추산된 양에도 있다. 이러한 보수 노력은 조기에 파열할 것으로 추정되는 350만 리니어 피트의 대직경(61cm(24 인치)과 그 이상) 강관 및 프리스트레스 콘크리트 실린더 파이프(Prestressed Concrete Cylinder Pipe, PCCP)에 주력하고 있다. 이들 파열들은 노화, 시공품질, 토양 충격들, 지진, 설치 오류 및 취약한 전체적인 설계를 포함한 다양한 요인들로부터 일어난다.

[0003] 파열된 파이프라인들을 보수하기 위해 몇몇 널리 사용되는 방법들이 있는데, 이들 중 대다수는 파열된 부분들의 또는 그 주변에 어떤 형태의 굴착을 수반한다. 가장 일반적인 옵션들에는 포스트 텐션(post-tension) 보수, 슬립 라이닝(slip lining), 교체, 및 현장 경화형 라이너 설치(Cured In Place, CIP)가 포함된다. 포스트 텐션 보수는 보강을 위해 파이프의 바깥에 강 케이블들을 랩핑하고 팽팽하게 하는 경우이다. 이 시스템의 한 주요 결점은 이것이 파이프를 쉼터하지 않는다는 것이다. 또한, 파이프는 케이블들을 위해 원주 주변에 접근할 수 있기 위해서 노출(굴착)되어야 한다. 슬립 라이닝은 더 작은 파이프 부분들이 파열된 부분들 내부에 삽입되어 기존 파이프에 접착되는 관행이다. 파열된 부분 내부에 슬립 라인을 얻기 위해서 적어도 한 부분의 굴착이 필요하다. 또 다른 문제는 라이너의 직경 감소에 기인하여 파이프 내에 흐름 제약이 야기된다는 것이다. 불량 파이프 부분의 교체는 파이프 둘레에 굴착, 제거, 그리고 그 다음 새로운 부분의 설치를 수반한다. 위에 수법들 중 어느 것이든, 필요한 굴착에 기인하여, 너무 관입적이기도 하거나, 건물 밑에 송수관의 경우에는 가능하지 않기도 하다. 훨씬 더 나은 수법은 파이프 내부로부터 그 부분을 보수하는 것이다. 현장 경화형 라이너들은 파열된 파이프를 내부로부터 쉼터하는 바람직한 작업을 행한다. 그러나, 이들은 완전한 구조적 보수를 제공할 수 없다. 양호한 형태의 내부 파이프 보수는 굴착이 없고, 완전한 파이프 쉼터, 시간, 및 구조적 강화 능력들에 기인하여 섬유 보강 폴리머들 또는 복합물들(FRP) 형태로 이루어진다.

[0004] FRP는 이의 고 강도 및 낮은 무게에 기인하여 주로 항공 우주 및 이외 다른 하이-엔드 응용개소들에서 사용된다. 이것은 1997년까지 파이프라인 보수에 대한 실행가능한 해결책으로서 널리 수용되지 않았으며, 이에 따라 상당히 새로운 기술이 되었다. FRP는 내부식성이며, 완전한 구조적 보수를 할 수 있게 하는 고강도 및 모듈러스를 가지며, 설계 및 응용 모두 완전한 재료 유연성을 제공한다. 카본 섬유는 강도 특징들이 응용개소에 맞추어 적합하게 될 수 있게 하는 방식으로 맞추어 질 수 있다. 또한, 보수는 간단히 더 많은 카본을 파이프의 벽에 도포함으로써 더 많은 하중을 처리하게 쉽게 구성될 수 있다. 카본 섬유의 전형적인 설치는 카본 섬유를 수지로 함침하기 위한 어떤 종류의 포화기를 사용하고 이어 포화된 카본 섬유를 파이프의 내벽 상에 손으로 도포하는 것을 수반한다. 프로세스는 습식 레이업(layerup)이기 때문에, 카본 섬유는 파이프의 내부에 완전히 순응할 수 있어, 기체(substrate)에 완전히 접착할 수 있게 된다. 이 프로세스에 추가적인 이점은 대부분 그 부분

을 통한 헤드 손실들이 FRP의 매끄러운 표면으로 인하여 감소된다는 것이다.

발명의 내용

- [0005] 제1 측면에서, 본 발명은 원주를 포함하는 내면 그리고 세로방향 축선을 갖는 파이프 내에서 회전하게 구성된 로봇을 포함한다. 로봇은 사용시 프레임이 회전하게 구성된 축선을 갖는 프레임을 포함한다. 회전 축선은 로봇이 파이프 내에 위치되었을 때 파이프의 세로방향 축선과 전반적으로 동일한 방향으로 확장한다. 로봇은 서로 다른 원주 위치들에서 파이프의 내면과 맞물리기 위해 회전 축선에 관하여 서로 다른 방사상 위치들에서 프레임에 연결되는 복수의 휠들을 포함한다. 로봇은 휠이 파이프의 내면을 따라 굴러가게 하고 파이프의 세로방향 축선에 관하여 파이프 내에서 프레임이 회전하게 하기 위해 휠들 중 적어도 하나를 구동하게 구성된 구동 메커니즘을 포함한다. 휠들은 프레임이 파이프 내에서 회전할 때 프레임을 파이프의 세로방향 축선을 따라 이동하기 위해 대체로 나선 경로로 파이프의 내면을 따라 굴러가게 구성된다.
- [0006] 다른 측면에서, 본 발명은 파이프를 보강하기 위해 파이프의 내면에 재료를 도포하는 방법을 포함한다. 방법은 휠이 연결된 프레임이 파이프 내에서 회전하여 파이프의 세로방향 축선을 따라 이동하게 하도록 파이프의 내면에 대하여 휠을 구동시키는 단계를 포함한다. 프레임이 파이프 내에서 회전할 때, 재료 직포로부터 재료가 파이프의 내면 쪽으로 전진되고 대체로 나선 패턴으로 파이프의 내면에 도포된다.
- [0007] 또 다른 측면에서, 본 발명은 구조물을 보강하기 위해 구조물에 섬유를 도포하는 방법을 포함한다. 방법은 섬유를 누름 부재 쪽으로 구동시키는 단계, 섬유를 구조물 상에 누름으로써 구조물에 섬유를 도포하기 위해 구조물에 관하여 누름 부재를 이동시키는 단계, 구조물에 대고 누름 부재에 의해 눌러진 섬유가 대체로 장력이 없게 섬유가 누름 부재 쪽으로 구동되는 비율을 자동으로 조절하는 단계를 포함한다.
- [0008] 다른 목적들 및 특징들은 부분적으로 명백해질 것이며 이하 부분적으로 언급되어질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 로봇의 사시도이다.
- 도 2는 도 1의 로봇의 도포기 어셈블리의 확대도이다.
- 도 3은 로봇에 의해 설치될 수 있는 섬유 다발 리본의 세그먼트의 사시도이다.
- 도 4는 비-안정화된 형태의 리본의 섬유 다발들의 사시도이다.
- 도 5는 약 50% 중첩을 갖는 섬유 다발 리본의 레이업의 사시도이다.
- 대응하는 참조부호들은 도면들 전체에 걸쳐 대응하는 구성요소들을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 본 발명의 보강 시스템은 섬유 보강재(예를 들면, 섬유 다발 리본)와 같은 재료를 파이프의 내부 표면 상에 도포함으로써 파이프를 보강하게 구성된다. 이하 더 상세히 논의되는 바와 같이, 다양한 유형들의 섬유 보강재(광범위하게는 "재료")가 사용될 수 있다. 일반적으로, 보강 시스템은 섬유 보강재 공급부, 섬유 보강재를 수지로 포화시키기 위한 포화기, 및 파이프의 내부 표면 상에 섬유 보강재를 위치시키기 위한 설치 로봇 또는 로봇(예를 들면, 도 1 참조)을 포함할 수 있다. 일반적인 방법으로, 파이프의 내표면은 파이프의 표면에 중간층(들) 또는 코팅(들)을 클리닝 및/또는 도포함으로써 준비할 수 있다. 그 다음, 수지로 함침 또는 포화된 섬유 보강재가 도포된다. 수지가 경화되었을 때, 섬유 보강재는 파이프에 증가된 강도를 제공한다. 보강 시스템은 본 발명의 범위 내에서 파이프들(예를 들면, 빔들, 컬럼들, 및 그외 다른 구조물들) 외에 구조물들을 보강하기 위해 사용될 수도 있다. 보강 시스템들의 예들은 그 전문을 참조함으로써 본원에 포함시키는 미국특허 출원번호 12/709,388, 공개번호 2010/0212803에 개시되어 있다.
- [0011] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 설치 로봇의 실시예는 전체적으로 참조부호 10으로 표시되어 있다. 설치 로봇(10)은 파이프를 탐색하게 구성되고, 파이프의 내부에 섬유 보강재를 도포하도록 구성된 도포기 어셈블리(12)를 포함한다. 이하 더 상세히 기술되는 바와 같이, 설치 로봇(10)은 사용시 파이프의 세로방향 축선의 동일한 일반 방향으로 확장하는 회전 축선에 관하여 회전하게 구성된다. 로봇(10)의 회전으로 파이프의 세로방향 축선을 따라 이동하게 된다. 따라서, 도포기 어셈블리(12)는 대체로 나선 경로로 파이프의 내 원주 둘레에 선택적으로 이동될 수 있다. 도포기 어셈블리(12)는 중첩될 수 있는 하나 이상의 층들로 파이프의 전체 내 원주

영역 둘레에 재료(예를 들면, 섬유 보강재)를 도포한다. 도시된 실시예에서, 섬유 보강재는 도포시 중첩될 수 있는(예를 들면, 도 5 참조) 섬유 다발들(도 4 참조)을 포함하는 리본(도 3 참조) 형태로 제공된다. 리본 및/또는 섬유 다발들(즉, 토우들(tow) 또는 로빙들(roving))은 재료 직포라 지칭될 수 있다. 명백해지게 되는 바와 같이, 재료 직포(리본과 같이 안정화된 형태이든 아니면 느슨한 다발들과 같이 비-안정화된 형태이든 간에)의 재료는 로봇(10)에 의해 표면에 도포될 수 있다. 이하 더 상세히 기술되는 바와 같이, 다양한 형태들의 섬유 보강재가 사용될 수 있다.

[0012] 일반적으로, 설치 로봇(10)은 3개의 캐리지들(20A, 20B, 20C)을 가진 프레임 또는 카트(20), 도포기 어셈블리(12), 및 제어기(30)를 포함한다. 제어기(30)는 이하 더 상세히 기술되는 바와 같이, 설치 로봇(10)의 동작을 제어하기 위해 이의 여러 부품들에 작동식으로 연결될 수 있다. 3개의 캐리지들(20A, 20B, 20C) 모두는 파이프의 내부 표면에 맞물리는 휠들을 포함한다. 캐리지들(20A, 20B) 중 2개는 자유로이 선회가능한 캐스터들(40A, 40B) 형태의 휠들을 포함한다. 제3 캐리지(20C)는 각각의 모터들(50)에 의해 동력을 받는 구동 휠들(40C)을 포함한다. 사용 시, 휠들(40A, 40B, 40C)은 프레임이 파이프 내에서 회전함에 따라 프레임을 파이프의 세로방향 축선을 따라 이동시키기 위해 대체로 나선 경로로 파이프의 내면을 따라 굴러간다. 로봇(10)의 회전 축선은 일반적으로, 각 캐리지(20A, 20B, 20C)의 휠들(40A, 40B, 40C)로부터 방사상으로 안쪽에 로봇의 중앙 위치에 위치된다. 각 캐리지(20A, 20B, 20C)의 복수의 휠들 및 각 캐리지의 휠들 사이의 간격은 로봇(10)을 안정화하며 로봇이 파이프 내 이음부들 또는 이외 다른 불연속들을 효과적으로 횡단할 수 있게 한다. 예를 들면, FRP가 보수 부분의 양 끝에서 파이프에 고정될 수 있도록 이음부들은 일반적으로 깎아낼(굴착) 필요가 있다. 보강될 파이프에 들어가고 나올 때 휠들 사이의 간격이 이음부들에 걸렸기 때문에 각 캐리지(20A, 20B, 20C)의 이격된 휠들은 로봇이 이들 이음부들을 건너 이동할 수 있게 한다.

[0013] 구동 휠들(40C)은, 파이프가 회전함에 따라 이를 따라 설치 로봇(10)이 전진하는 비율을 조절하기 위해서 파이프의 세로방향 축선에 관하여 또는 세로방향 축선에 수직하여 확장하는 축선에 관하여 여러 피치들 또는 각도들에 선택적으로 위치될 수 있다. 이것은 도포기 어셈블리(12)가 섬유를 파이프 내에 서로 다른 나선 패턴들로 도포할 수 있게 한다(예를 들면, 중첩없음, 최소 중첩, 또는 로봇의 연이은 회전들로 섬유의 상당한 중첩). 구동 휠들(40C)의 놓여지는 방위는 이하 더 상세히 기술되는 바와 같이 자동으로 제어될 수 있다. 도시된 실시예에서, 구동 휠들(40C)의 놓인 방위는 구동 휠들이 회전할 수 있는 구동 휠들의 기부에서 기어들(54)과 맞물리는 구동 체인(52) 및 모터(51)를 포함하는 조절 메커니즘을 작동시킴으로써 변경될 수 있다. 로봇(10)의 구동 휠들(40C) 또는 다른 휠들(40A, 40B)의 놓여진 방위를 변경하는 그 외 다른 구동 메커니즘들 및 다른 방법들이 본 발명의 범위 내에서 사용될 수 있다.

[0014] 캐리지들(20A, 20B, 20C)이 파이프의 내면에 충분히 맞물릴 수 있게 로봇(10)에 매크로 및/또는 마이크로 조절 능력들이 탑재될 수 있다. 섬유 보강을 필요로 하는 파이프들은 형상들 및 크기들이 다양하다. 예를 들면, 일부 파이프들은 명목상 직경이 122cm 내지 183cm(48 인치 내지 72 인치)에 이른다. 파이프들은 명목상 크기가 다양할 뿐만 아니라, 둥글지 않거나 타원형일 수도 있다. 서로 다른 명목상 직경의 파이프들을 수용하기 위해 매크로 규모로 및/또는 어떤 파이프 내에 불연속들을 수용하기 위해 마이크로 규모로 설치 로봇(10) 크기가 조절될 수 있게 프레임(20) 또는 캐리지들(20A, 20B, 20C) 중 하나 이상은 조절될 수 있다. 휠들(40A, 40B, 40C)을 지지하는 구조물은 이들이 프레임(20)으로부터 멀어지게 확장하고 및/또는 프레임(20)을 향하여 퇴축할 수 있게 하는 메커니즘을 포함할 수 있다. 매크로 조절을 위해서, 프레임(20)은 이 안에 장치되는, 크고 작은 명목상 파이프 직경들을 조절하는 길이조절 부분들을 포함할 수 있다. 예로서, 설치 로봇(10)은 설치 로봇의 프레임(20)에 관하여 선택적으로 위치될 수 있는 캐리지(20B)를 지지하는 샤프트(60) 형태로 더 큰 규모의 조절 기능을 포함하는 것으로서 도시되었다. 샤프트(60)는 설치 로봇에 유의한 크기 조절을 제공하기 위해 프레임(20)의 길이를 따라 서로 다른 위치들에서 클램프(62)를 통해 프레임(20)에 선택적으로 고정될 수 있다. 샤프트(60)는 캐리지(20B)의 휠들(40B)이 프레임(20)으로부터 방사상으로 멀어지게 하거나 프레임(20) 쪽으로 이동될 수 있게 한다. 또한, 로봇(10)은 마이크로 조절을 제공하게 구성된 장치들을 포함할 수 있다. 이것은 구동 휠들(40C)이 파이프의 내부에 접촉하게 하며 파이프 벽 내 돌출부들, 오목부들, 및 이외 다른 불연속들을 수용한다. 예를 들면, 로봇(10)은 파이프 내 불연속들을 감안하기 위해 수동적으로 또는 자동으로 조절(예를 들면, 약 15cm(6인치) 범위 내에서)될 수 있는 공압 피스톤들을 포함할 수 있다.

[0015] 도 2를 참조하면, 도포기 어셈블리(12)는 대체로, 스펀 마운트(70)(광범위하게는 "섬유 공급 홀더"), 구동 롤러들(72A, 72B)(광범위하게는 "구동 메커니즘"), 및 누름 휠(74)(광범위하게는 "누름 부재")을 포함한다. 스펀 마운트(70) 상에 섬유(F)의 스펀(75)이 도시되었다. 모터(76)는 구동 롤러(72A)를 구동한다. 리니어 액추에이터(78)는 구동 롤러(72B)가 구동 롤러(72A)에 대고 보강 섬유를 누르게 구동 롤러(72B)를 구동 롤러(72A) 쪽으

로 및 이로부터 멀어지게 이동시킨다. 리니어 액추에이터(80)는 누름 휠을 도포면(즉, 파이프의 내면) 쪽으로 그리고 이로부터 멀어지게 이동시킨다. 배열은 섬유 보강재를 파이프의 내면 상에 누르고 또한 파이프(예를 들면, 액추에이터(80)를 통해) 내에 편심에 대해 적응하는 누름 부재(예를 들면, 누름 롤러(74)) 밑에 섬유(F)가 구동 메커니즘(예를 들면, 구동 롤러들(72A, 72B))으로부터 공급되게 한다. 상기 배열은 이롭게도 섬유(F)가 스폴(75)에서 파이프 벽으로 꼬이지 않게 한다.

[0016] 로봇(10)은 로봇의 다양한 기능들을 제어하기 위한 제어 시스템을 포함할 수 있다. 예를 들면, 제어 시스템은 제어기(10), 및 하나 이상의 섬유 장력 또는 슬랙 센서들(90A, 90B) 및/또는 섬유 위치 센서들(92)과 같은 각종 센서들을 포함할 수 있다. 제어기(10)는 이들 센서들(90A, 90B, 92)에, 그리고 로봇(10)의 다른 부품들(예를 들면, 구동 휠들(40C)의 모터들(50, 51), 구동 롤러들(72A, 72B), 및/또는 리니어 액추에이터들(78, 80))에 작동식으로 연결된다. 제어기(10)는 이들 부품들을 다양한 방식으로 동작시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다.

[0017] 제어 시스템의 제1 측면에서, 내부 파이프 표면 상에 눌러지는 섬유의 요망되는 장력을 달성하기 위해 누름 휠(74) 쪽으로 섬유(F)의 전진을 조절할 수 있다. 일반적으로, 섬유가 거의 제로 장력(광범위하게는 "대체로 장력이 없는 상태로")을 갖고 파이프 벽에 도포되는 것이 바람직할 수 있다. 섬유(F)가 도포될 때 섬유(F)에 장력이 존재한다면, 이전에 놓여진 또는 중첩된 섬유층을 파이프의 내면으로부터 벗겨낼 수 있다. 반대로, 너무 많은 섬유(F)가 누름 휠(74)에 전달된다면, 접힘(folds) 및 주름이 나타날 수 있다. 제어 시스템은 레이저 센서(90A) 형태의 장력 센서를 사용할 수 있다. 레이저 센서(90A)는 구동 롤러들(72A, 72B)과 누름 휠(74) 사이에 위치되고 레이저로부터 섬유(F)의 거리를 측정한다. 레이저(90A)로부터 섬유의 요망되는 거리는 요망되는 섬유 장력에 연관될 때 경험적으로 결정될 수 있다. 제어기(10)는 레이저 센서(90A)로부터 제어기에 제공되는 신호들에 의해 표시된 감지된 일탈들의 함수로서 거리를 달성하기 위해 섬유(F)의 전진을 구동 롤러들(72A, 72B)에 의해 증가 또는 감소시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 대안적으로, 또는 추가적으로 제어 시스템은 압력 게이지(90B) 형태의 장력 센서를 사용할 수도 있다. 예시된 실시예에서, 압력 압(90B)(예를 들면, "댄스 압(dance arm)")은 섬유에 의해 압력 압에 인가되는 압력에 기초하여 섬유의 장력을 판정하기 위해 구동 롤러들(72A, 72B)과 누름 휠(74) 사이에 위치된다. 압력 압(90B)은 섬유에 의해 압력 압에 인가되는 압력에 의하여 하나의 이동 범위를 따라 이동한다. 제어기(10)는 섬유에 의해 가해지는 압력에 기초하여 압력 압으로부터 신호들을 수신한다. 제어기(10)는 압력 압(90B)으로부터 수신된 신호들의 함수로서 구동 롤러들(72A, 72B)에 의해 섬유의 전진을 증가 또는 감소시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 따라서, 제어 시스템은 로봇(10)의 원주 속도 변화들에 무관하게, 최소 장력 레이업을 달성하기 위해 누름 휠(74)에 전달되는 섬유량을 조절할 수 있다.

[0018] 제어 시스템의 또 다른 측면에서, 섬유(F)가 파이프의 내면에 도포되는 나선 패턴을 제어할 수 있다. 로봇(10)은 거의 순전히 후프 랩핑(예를 들면, 1도 미만의 오프셋)으로, 또는 다양한 도수의 오프셋을 갖고 레이업을 수행할 수 있다. 요구되는 후프 강도엔 몇가지 인자들이 기여하기 때문에, 로봇(10)은 도포되는 섬유 보강재의 두께(즉, 중첩)를 가변시키기 위해 제어 시스템을 포함할 수 있다. 보수하기 위해 필요한 두께는 파이프의 필요한 부하 특징들에 의해 사전에 결정될 것이다. 휠들(40C) 상에 피치가 더 많을수록 로봇(10)은 회전당 파이프 아래로 더욱 진전되어 종국에 섬유들의 중첩은 적어지게 될 것이다. 이로 인해 전체적으로 더 얇은 보수가 구현될 것이다. 피치가 90도 회전에 더 가깝게 되면 그 반대가 되어, 더 두꺼운 보수를 야기한다. 예를 들면, 도 5에 도시된 바와 같이, 50% 중첩은 2개의 전체 층들을 초래하거나, 또는 파이프 벽에 도포되는 단일 섬유 리본의 두께를 2배가 되게 할 것이다. 60% 중첩은 3개의 전체 층들을 초래하거나, 또는 파이프 벽에 도포되는 단일 섬유 리본의 두께를 3배가 되게 할 것이다. 또한, 75% 중첩은 4개의 전체 층들을 초래하거나, 또는 파이프 벽에 도포되는 단일 섬유 리본의 두께를 4배가 되게 할 것이다. 본 발명의 범위 내에서 요망될 때 그 외 다른 중첩들이 사용되거나 중첩은 사용되지 않을 수 있다. 이하 기술되는 바와 같이, 여러 오프셋들 또는 피치들이 사용될 수 있고, 파이프를 따라 섬유 보강재를 서로 다른 비율들로 도포하기 위해 자동으로 제어될 수 있다.

[0019] 제어 시스템은 도포기 어셈블리(12)에 의해 섬유의 놓여짐을 모니터링하기 위해 카메라 또는 레이저와 같은 섬유 위치 센서(92)를 사용할 수 있다. 예를 들면 제한없이, 센서(92)는 로봇의 이전 회전에서 도포된 섬유에 관하여 누름 휠에 끌리는 직후에 섬유의 위치를 감지할 수 있다. 제어기(10)는 대체로 요망하는 나선 패턴이 확실하게 달성되게(예를 들면 어떤 량의 중첩)하기 위해 섬유 위치를 모니터링할 수 있다. 제어 시스템은 요망되는 중첩 또는 도포 피치에 따라 섬유 보강재의 일관된 도포를 제공하기 위해 구동 휠들(40C)의 피치를 자동으로 조절할 수 있다. 제어기(10)는 섬유 센서(92)로부터의 신호들에 기초하여 섬유의 감지된 위치의 함수로서 구동 휠들(40C)의 방위를 조절할 수 있다.

- [0020] 로봇 수법은 또한 재료가 도포되고 있을 때 온보드 품질보증을 행하는 능력을 갖는다. 통상적으로, 검사자는 랩핑이 완료된 후에 품질을 확인해야 한다. 유발되는 주 결점은 파이프 벽으로부터 섬유(의 박리(void)들이 존재하는 것으로 판정된다면, 지점은 파이프가 가압될 때 파열이 일어나지 않게 하기 위해 에폭시로 주입되어야 한다. 박리가 일어났는지 검출하기 위해 섬유 위치 센서(92)(또는 이외 다른 섬유 위치 센서들)가 사용될 수 있고, 그러하다면 작업자에게 경고될 수 있다. 예를 들면, 로봇의 이전 회전들에서 파이프의 내면에 도포된 섬유를 박리되었는지를 판정하기 위해 모니터링 하기 위해서 위치 센서가 로봇 상에 위치될 수 있다.
- [0021] 본 발명에 따른 섬유 보강재의 도포의 자동화는 몇 가지 이점들을 제공한다. 손으로 도포되는 습식 FRP 레이업은 송수관들을 강화하고 보수하는데 효과적이다. 그러나, 이것은 매우 노동 집약적이며, 숙련된 작업자를 요구하며, 대직경 파이프들에서만 효과가 있다. 로봇(10)을 사용하여 프로세스를 자동화함으로써, 이들 우려의 대부분이 줄어들 수 있다. 로봇(10)은 수동 작업자보다 더 빠르게, 제고된 정밀도를 갖고, 더 긴 작업 시간 동안 그리고 더 작은 직경의 파이프들에서 작업할 수 있는 능력을 갖는다. 센서들(90A, 90B, 92)과 같은 온보드 센서들은 프로세스 제어를 위해서 또는 도포 후 품질보증을 위해 제어 시스템들에 피드백을 제공할 수 있다. 또한, 로봇(10)은 사람이 손으로 간단히 행할 수 없는 것인, 비-안정화된 섬유 로빙을 내려놓을 수 있는 능력을 갖는다. 이론적으로, 로봇으로 랩핑된 파이프는 로봇에 의해 안정화된 또는 비-안정화된 형태로 다발들의 놓여짐의 개선된 정확성에 기인하여, 동일 량의 재료가 도포될 때, 손으로 랩핑된 파이프보다 더 강할 것이다. 본원에서 언급되는 로봇은 완전히 자동화되거나, 부분적으로만 자동화되거나, 또는 완전히 사람 제어 하에 둘 수 있다.
- [0022] 본원에서 사용되는 바와 같이, 섬유 또는 FRP는, 카본(예를 들면, 카본 섬유 보강 폴리머(CFRP)) 및/또는 이외 다른 섬유들, 이를테면 나일론, 유리, 그래파이트, 폴리아라미드, 또는 적합한 재료 특징들을 가진 다른 섬유들을 포함하여, 안정화되었든 아니면 비-안정화되었든 간에, 다양한 유형들의 섬유들을 포함할 수 있다. FRP는 내부식성이며, 완전한 구조적 보수를 할 수 있게 하는 고강도 및 모듈러스를 가지며, 설계 및 응용 둘 다에서 완전한 재료 유연성을 제공한다. 섬유들은 강도 특징들이 도포에 맞추어 적합하게 될 수 있도록 하는 방위로 놓여질 수 있다. 보수는 단순히 파이프의 벽에 더 많은 섬유들을 도포함으로써 더 많은 하중을 처리하도록 쉽게 구성될 수 있다.
- [0023] 통상적으로, 내부 FRP 파이프 보수들을 위해서는 봉합된 또는 안정화된 직물들이 사용된다. 봉합된 직물들은 많은 수의 카본 섬유 다발들(로빙들 또는 토우들이라고도 함)로 구성되는데, 그 각각은 단일 시트를 형성하기 위해 함께 봉합된 또는 직조된 최대 5만개의 개개의 섬유들로 구성된다. 다발들이 직조된다면 이들은 양방향 또는 직교형(cross-ply) 직물을 형성한다. 그러나, 대부분, 한 방향(즉, 섬유 보강재는 한 방향으로만 확장한다)으로 고강도로 인하여 단일 방향, 또는 봉합된 직물이 사용된다. 봉합된 직물을 사용하는 것에 연관된 어려움은 봉합 자체이다. 봉합은 봉합들이 있는 곳에 보이드들뿐만 아니라 카본 섬유들 내에 웨이브들을 야기한다. 이것은 카본 다발들 자신들과 비교하여 특성들 전체를 잃게 한다.
- [0024] 본 발명에 따라, 함께 안정화된 섬유 보강재의 개개의 다발들을 포함하는, 도 3에 도시된 리본(98)과 같은, 안정화된 매트릭스 또는 섬유 보강재 직포(web)가 사용될 수 있다. 예를 들면, 리본(98)은 약 5cm(약 2 인치)의 폭 W를 가질 수 있다. 리본은 도 4에 도시된 것들과 같은 느슨한 섬유 다발들(100)을 사용하여 형성된다. 섬유 다발들(100)은 이들을 세로방향 안정화 실들(102) 사이에 위치시키고 이들을 가로방향 안정화 실들(104)(즉, 연이은 가로방향 실들 위로 이어서 밑으로) 사이에서 직조함으로써 안정화된다. 인접한 가로방향 실들(104) 사이의 간격은 약 0.6cm 내지 약 3.8cm 사이(약 0.25 인치 내지 약 1.5 인치)일 수 있다. 예를 들면, 가로방향 실들(104)은 서로로부터 적어도 약 1.3cm(약 0.5인치) 또는 적어도 약 1.6cm(약 5/8 인치)만큼 이격될 수 있다. 가로방향 실들(104)은 섬유 다발들을 안정화하는 데 유익하지만, 가로방향 실들이 많을수록 이들이 섬유 다발들의 강도 특징들에 더 악영향을 미치기 때문에 수확 체감이 존재한다. 세로방향 실들(102)은 일반적으로 각각의 섬유 다발들(100)에 그리고 이들 사이에서 나란하게 확장한다. 가로방향 실들(104)에 가해지는 핫 멜트는 이들을 섬유 다발들(100)에 그리고 세로방향 실들(102)에 고정시킨다. 2개의 세로방향 실들(102)이 리본(98)의 각 측 끝 상에 제공되고 번갈아 가로방향 실들(104) 사이에서 직조된다. 봉합된 직물들에 비해, 리본(98)은 봉합이 없기 때문에 제고된 강도를 갖는다. 리본(98)은 더 비용효율적으로 전체 보수를 할 수 있게 한다. 다발들(100)과 같은 섬유 다발들은 이들이 포화되었을 때 서로 그리고 자신들에 달라붙는 친화성으로 인하여, 손으로 똑바로 놓기가 어렵다. 다발들(100)을 단일 방향 리본(98) 내에 탑재하여 다발들(100)을 안정화함으로써 섬유 다발들의 취급과 도포가 용이해진다. 그러나, 여기에서 논의되는 바와 같이, 비-안정화된 다발 직포(100)과 같은 다른 형태들의 섬유 보강재가 본 발명의 범위 내에서 사용될 수 있다.
- [0025] 포화기(미도시)가 로봇(10) 상에 제공될 수도 있고, 또는 섬유 보강재 내에 수지를 도입하기 위해 별도의 장비

로서 제공될 수도 있다. 수지는 섬유들을 함께 접착시키며, 복합물을 쉐빙하며, 섬유들이 파이프의 벽들에 부착되어 있게 한다. 최적의 섬유/수지 비율은 바람직하게 보수의 전체 강도를 증가시키고, 벽들에 섬유들이 부착되는 능력을 개선시키며, 재료 사용/비용을 감소시킨다. 로봇(10)과 함께 사용하기 위한 포화기는 수지 계량을 위한 제어가능한 닥터 블레이드를 구비한 함침 조(bath), 및 로봇이 사용할 카본 섬유 스폴들(75) 또는 카트리지를 만들기 위한 스폴 부분을 포함할 수 있다. 포화기와 로봇(10)의 분리는 2개의 장비가 서로 무관하게 동작할 수 있게 한다. 그러나, 포화기는 로봇(10)과 나란히 제공될 수도 있고 및/또는 로봇 상에 제공될 수도 있다. 전체 스폴(75)의 일관된 권취가 바람직하다. 그렇지 않다면, 수지 함유량은 권취 프로세스 동안 안쪽 층들이 바깥 층들에 의해 구겨지게 되었을 때 변경할 수 있다. 또한, FRP가 비-안정화된다면, 다발들은 이들이 스폴되었을 때 주름이 생기는 경향이 있을 수 있다.

[0026] 로봇(10)은 섬유 보강재(F)의 도포를 위해 파이프를 준비할 때 사용하기 위한 추가의 장치들을 포함할 수 있다. FRP 설치에 앞서, 파이프 표면은 적합한 접착 표면을 준비하기 위해 고압의 물로 블라스팅될 수 있다. 그렇지만, 섬유가 도포되기 전에, 블라스팅된 파이프 벽에 프라이머 수지 및 질은 수지가 도포될 수도 있다. 프라이머 수지는 질은 에폭시를 콘크리트 기체(substrate)에 접착하는 고속 세팅 에폭시이다. 부착할 덜 마른 표면을 카본 섬유에 부여할 뿐만 아니라 표면을 다시 매끄럽게 하기 위해 질은 에폭시가 사용된다. 표면은 워터 블라스트 동작에 의해 표면 내에 남겨진 돌출부분들 및 오목부분들 때문에 재차 매끄럽게 할 필요가 있을 수도 있을 것이다. 통상적으로, 이들 프로세스들 모두는 손으로 행해지는데, 프라이머 수지를 표면 상에 밀어 펴고, 트라울(trowel)로 질은 에폭시를 도포한다.

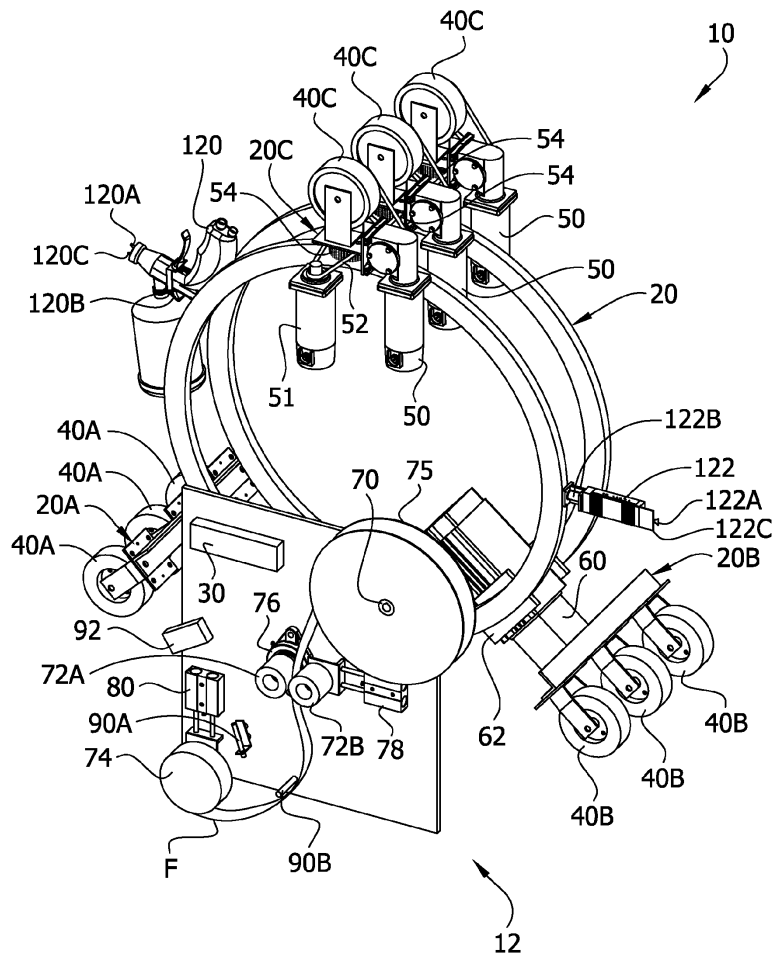
[0027] 도 1에 도시된 바와 같이, 로봇(10)은 프라이머 및 질은 에폭시 도포 동작들 모두를 자동화하기 위해 하나 이상의 수지 또는 에폭시 도포기들(120, 122)을 포함할 수 있다. 도포기(120)는 프라이머를 도포하기 위한 스프레이 헤드(120A)를 가진 스프레이 장치이며, 도포기(122)는 질은 에폭시를 도포하기 위한 분출 선단(122A)을 포함하는 분출 장치이다. 도포기들(120, 122)은 프라이머 및 에폭시가 리본(98)보다 앞서 파이프 벽에 도포되도록 누름 휠(74)의 앞쪽에(이동 방향에 관하여) 프레임(20) 상에 장착된다. 도포기(120, 122) 둘 모두는 스프레이 헤드(120A) 및 분출 선단(122A)이 파이프 벽으로부터 요망되는 간격에 유지될 수 있게 하기 위해 초음파 센서들과 같은 적합한 센서들(120C, 122C)로부터 피드백을 이용하는 움직임 슬라이드들(120B, 122B) 상에 장착될 수 있다. 수지를 도포기들에 공급하기 위해 로봇(10) 상에 일회용 재료 용기들이 지원될 수 있다. 로봇(10)은 축매된 두 수지들을 도포하고 있을 수 있기 때문에, 모든 습윤된 부품들은 일회용이어야 한다. 이것은 한 시간 이내의 프라이머의 짧은 가용시간(pot life)으로 인하여 프라이머 시스템에 바람직하다. 위에 기술된 제어 시스템은 섬유의 도포가 자동화되는 것과 유사한 방식으로 내부 파이프 표면을 준비하기 위해 수지의 도포를 자동화하기 위해 사용될 수 있다.

[0028] 발명이 상세히 기술되었고, 첨부된 청구항들에 정의된 발명의 범위 내에서 수정들 및 변형들이 가능함이 명백해질 것이다.

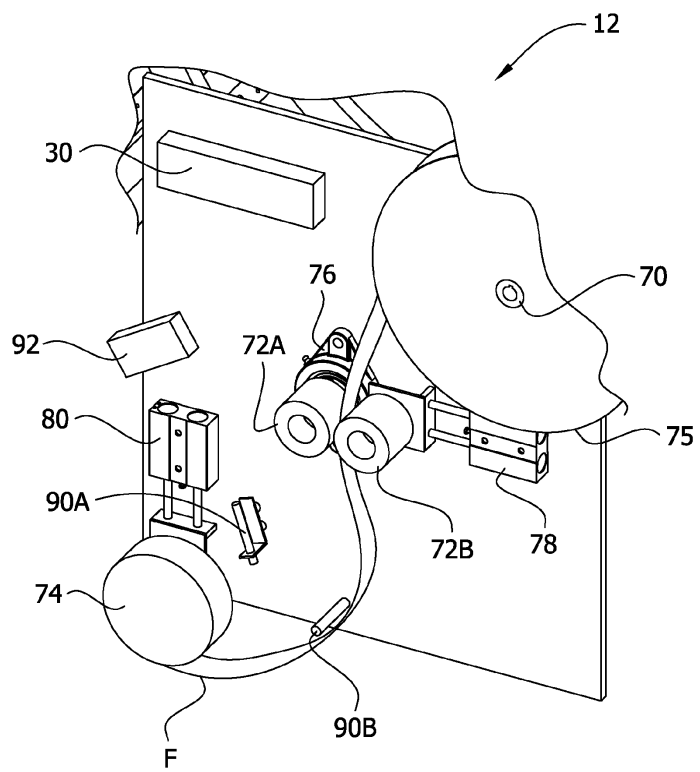
[0029] 다양한 변경들이 발명의 범위 내에서 위에 구성들 및 방법들에서 행해질 수도 있을 것이기 때문에, 위에 설명에 내포되고 첨부된 도면들에 도시된 모든 사안은 한정적 의미가 아니라 예시적인 것으로서 해석되게 한 것이다.

도면

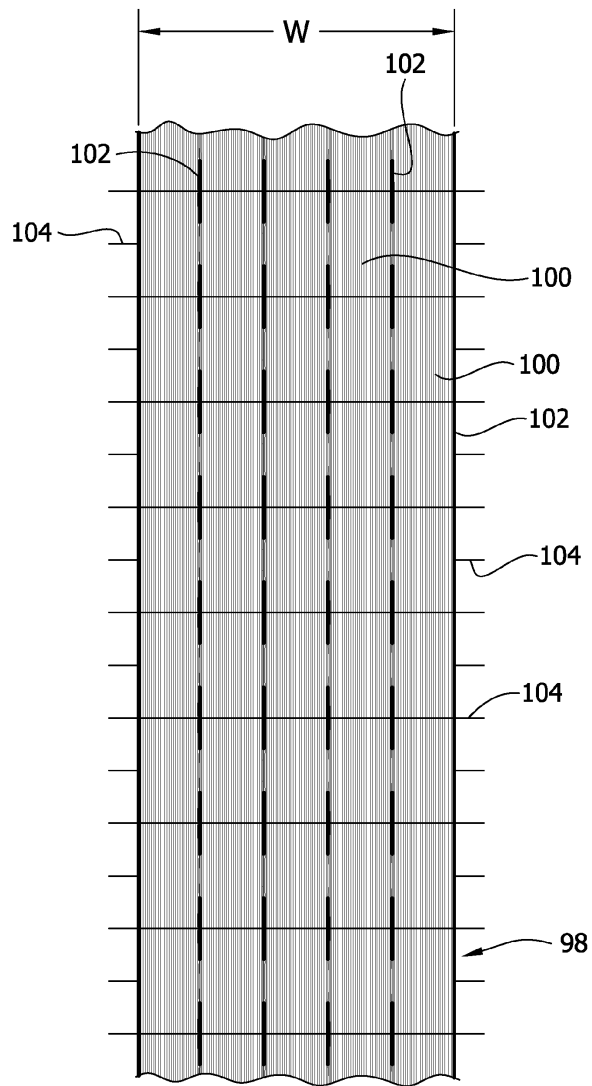
도면1



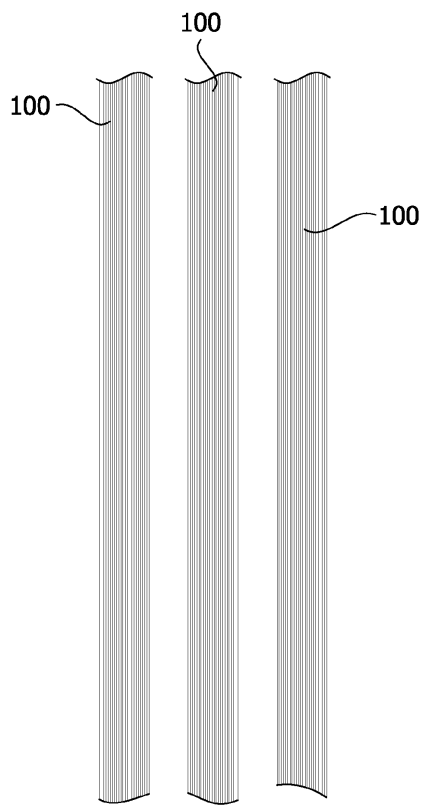
도면2



도면3



도면4



도면5

