



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0089749

(43) 공개일자 2012년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*F16L 21/02* (2006.01)    *F16L 37/14* (2006.01)

*F16L 47/20* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-7015312

(22) 출원일자(국제) 2010년11월11일

심사청구일자    없음

(85) 번역문제출일자 2012년06월13일

(86) 국제출원번호 PCT/US2010/056377

(87) 국제공개번호 WO 2011/060167

국제공개일자 2011년05월19일

(30) 우선권주장

61/261,595 2009년11월16일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

를 조셉 디

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

크롭 마이클 에이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

르완도스키 케빈 엠

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(74) 대리인

김영, 양영준

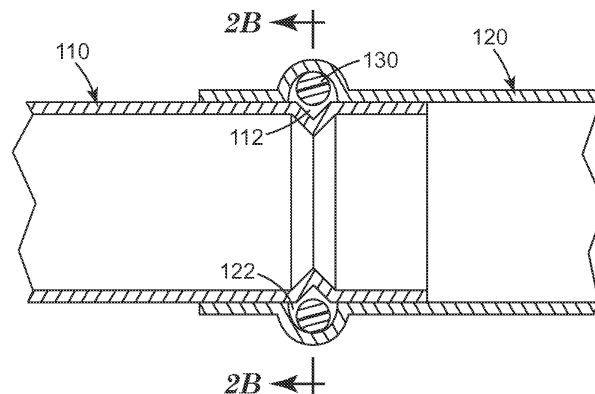
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 **파이프** 섹션 접합

(57) 요약

파이프 섹션을 접합하는 방법 및 접합된 파이프 조립체가 기술된다. 파이프 섹션들, 예를 들어 파이프들 및 커플러들은 형상 기억 중합체 키를 사용해 형성된 기계적 간섭 결합부에 의해 접합된다. 키는 하나의 파이프 섹션의 제1 키 홈 내로 삽입될 수 있고, 파이프들은 끼워맞춤되어 제1 키 홈을 제2 파이프 섹션의 제2 키 홈과 정렬시킬 수 있으며, 형상 기억 중합체는 활성화되어 둘 모두의 키 홈을 적어도 부분적으로 충전할 수 있다.

대표도 - 도2a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

제1 파이프 섹션 - 상기 제1 파이프 섹션은 제1 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제1 키 홈(keyway)을 포함함 - 을 제2 파이프 섹션 - 상기 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈을 포함함 - 에 접합하는 방법으로서,

제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계;

제1 키 홈과 제2 키 홈을 정렬하는 단계;

제1 전이 온도(transition temperature)를 갖는 제1 형상 기억 중합체(shape memory polymer)를 포함하는 제1 키(key)를 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치시키는 단계 - 여기서, 상기 키는 길이 및 길이에 수직인 단면을 가짐 -;

제1 키를 제1 전이 온도를 초과해 가열하는 단계; 및

제1 키의 길이를 감소시키고 단면을 팽창시켜 제1 형상 기억 중합체가 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 일부를 충전하게 하여서, 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이에 기계적 간섭 결합부(mechanical interference bond)를 형성하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1 형상 기억 중합체를 제1 전이 온도 아래로 냉각하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제3 키 홈을 갖고, 상기 방법은

제3 파이프 섹션 - 상기 제3 파이프 섹션은 제3 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제4 키 홈을 포함함 - 을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계;

제3 키 홈과 제4 키 홈을 정렬하는 단계;

제2 전이 온도를 갖는 제2 형상 기억 중합체를 포함하는 제2 키를 제3 키 홈과 제4 키 홈 사이에 위치시키는 단계;

제2 키를 제2 전이 온도를 초과해 가열하는 단계; 및

제2 키의 길이를 감소시키고 단면을 팽창시켜 제2 형상 기억 중합체가 제3 키 홈과 제4 키 홈 둘 모두의 일부를 실질적으로 충전하게 하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키는 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션 내로 삽입되기 전에 제1 파이프 섹션의 제1 키 홈 내에 놓여지는(recessed) 방법.

### 청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키는 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션 내로 삽입되기 전에 제2 파이프 섹션의 제2 키 홈 내에 놓여지는 방법.

### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈은 제1 원주방향 홈(groove)을 포함하고, 제2 키 홈은 제2 원주방향 홈을 포함하며, 제1 키는 호(arc)를 포함하는 방법.

### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈은 복수의 제1 리세스(recess)를 포함하고, 제2 키 홈은 복수의 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트(segment)를 포함하고, 제1 키 홈과 제2 키 홈을 정렬하는 단계는 제1 리세스들 중 적어도 일부와 제2 리세스들 중 적어도 일부를 정렬하여 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하는 단계를 포함하며, 제1 전이 온도를 갖는 제1 형상 기억 중합체를 포함하는 제1 키를 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치시키는 단계는 적어도 하나의 세그먼트를 2개 이상의 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 8

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함하며, 제1 키 홈과 제2 키 홈을 정렬하는 단계는 제1 리세스들 중 2개 이상을 제2 리세스의 적어도 일부와 정렬하여 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함하고, 제1 전이 온도를 갖는 제1 형상 기억 중합체를 포함하는 제1 키를 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치시키는 단계는 적어도 하나의 세그먼트를 2개 이상의 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키를 제1 전이 온도를 초과해 가열하는 단계는 고온 기체를 제2 파이프 섹션에 지향시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면으로부터 돌출하는 스톱(stop)을 추가로 포함하고, 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계는 제1 파이프 섹션이 스톱과 접촉할 때까지 제1 파이프 섹션을 삽입하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키를 제1 형상 기억 중합체의 제1 전이 온도를 초과해 재가열하는 단계, 제2 파이프 섹션에 대해 제1 파이프 섹션의 위치를 바꾸는 단계, 및 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이에 기계적 간섭 결합부를 재형성하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키를 제1 형상 기억 중합체의 제1 전이 온도를 초과해 재가열하는 단계, 및 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션으로부터 제거하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항의 방법에 따라 제조된 접합된 파이프 조립체.

#### 청구항 15

접합된 파이프 조립체로서,

제1 파이프 섹션 - 상기 제1 파이프 섹션은 제1 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제1 키 홈을 포함함 -;

제2 파이프 섹션 - 상기 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈을 포함함 -;

및

제1 형상 기억 중합체를 포함하는 제1 키를 포함하고,

제1 파이프 섹션의 적어도 일부가 제2 파이프 섹션 내측에 위치되어 제1 키 홈이 제2 키 홈과 정렬되게 하고, 제1 키가 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치되어 제1 키 홈 및 제2 키 홈을 적어도 부분적으로 충전하는 접합된 파이프 조립체.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 제1 키는 제1 키의 길이에 대응하는, 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 일부를 실질적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제3 키 홈을 추가로 포함하고, 파이프 조립체는 제3 파이프 섹션 - 상기 제3 파이프 섹션은 제3 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제4 키 홈을 포함함 -, 및 제2 형상 기억 중합체를 포함하는 제2 키를 추가로 포함하며, 제3 파이프 섹션의 적어도 일부분은 제2 파이프 섹션 내측에 위치되어 제3 키 홈이 제4 키 홈과 정렬되게 하고, 제2 키가 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치되어 제1 키 홈 및 제2 키 홈을 적어도 부분적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 제2 키는 제2 키의 길이에 대응하는, 제3 원주방향 키 홈과 제4 키 홈 둘 모두의 일부를 실질적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 19

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈은 제1 원주방향 홈을 포함하고, 제2 키 홈은 제2 원주방향 홈을 포함하며, 제1 키는 호를 포함하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 20

제14항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈 및 제2 키 홈 중 적어도 하나는 아치형 단면을 갖는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 21

제14항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈 및 제2 키 홈 중 적어도 하나는 삼각형, 직사각형, 및 사다리꼴로 이루어진 군으로부터 선택되는 단면을 갖는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 22

제14항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 제2 키 홈은 복수의 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함하고, 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 적어도 일부가 제2 리세스들 중 적어도 일부와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬되며, 형상 기억 중합체를 포함하는 세그먼트는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 적어도 부분적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 23

제14항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함하며, 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 2개 이상이 제2 리세스와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬되고, 형상 기억 중합체는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 적어도 부분적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

#### 청구항 24

제14항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함하고, 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 2개 이상이 제2 리세스와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬되며, 형상 기억 중합체를 포함하는 세그먼트는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 적어도 부분적으로 충전하는 집합된 파이프 조립체.

## 청구항 25

제14항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면으로부터 돌출하는 스톱과 접촉하는 집합된 파이프 조립체.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 파이프 섹션들을 접합하기 위한 방법 및 파이프 섹션들을 접합하는 데 사용되는 재료, 특히 형상 기억 중합체에 관한 것이다.

### 발명의 내용

간단히, 일 태양에서, 본 발명은 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션을 접합하는 방법을 제공한다. 제1 파이프 섹션은 제1 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제1 키 홈(keyway)을 포함하고, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈을 포함한다. 방법은 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계; 제1 키 홈과 제2 키 홈을 정렬하는 단계; 제1 전이 온도(transition temperature)를 갖는 제1 형상 기억 중합체(shape memory polymer)를 포함하는 제1 키(key)를 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치시키는 단계 - 여기서, 상기 키는 길이 및 길이에 수직인 단면을 가짐 -; 제1 키를 제1 전이 온도를 초과해 가열하는 단계; 및 제1 키의 길이를 감소시키고 단면을 팽창시켜 제1 형상 기억 중합체가 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 일부를 충전하게 하여서, 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이에 기계적 간섭 결합부(mechanical inference bond)를 형성하는 단계를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 방법은 제1 형상 기억 중합체를 제1 전이 온도 아래로 냉각하는 단계를 추가로 포함한다.

일부 실시 형태에서, 방법은 제3 파이프 섹션 - 상기 제3 파이프 섹션은 제3 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제4 키 홈을 포함함 - 을 제3 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제3 키 홈을 갖는 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계; 제3 키 홈과 제4 키 홈을 정렬하는 단계; 제2 전이 온도를 갖는 제2 형상 기억 중합체를 포함하는 제2 키를 제3 키 홈과 제4 키 홈 사이에 위치시키는 단계; 제2 키를 제2 전이 온도를 초과해 가열하는 단계; 및 제2 키의 길이를 감소시키고 단면을 팽창시켜 제2 형상 기억 중합체가 제3 키 홈과 제4 키 홈 둘 모두의 일부를 실질적으로 충전하게 하는 단계를 추가로 포함한다.

일부 실시 형태에서, 제1 키는 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션 내로 삽입되기 전에 제1 파이프 섹션의 제1 키 홈 내에 넣어진다. 일부 실시 형태에서, 제1 키는 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션 내로 삽입되기 전에 제2 파이프 섹션의 제2 키 홈 내에 넣어진다.

일부 실시 형태에서, 제1 키 홈은 제1 원주방향 홈(groove)을 포함하고, 제2 키 홈은 제2 원주방향 홈을 포함하며, 제1 키는 호(arc)를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈은 복수의 제1 리세스(recess)를 포함하고, 제2 키 홈은 복수의 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트(segment)를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함하며, 제1 키 홈과 제2 키 홈을 정렬하는 단계는 제1 리세스들 중 2개 이상을 제2 리세스의 적어도 일부와 정렬하여 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하는 단계를 포함한다.

일부 실시 형태에서, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 키를 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치시키는 단계는 적어도 하나의 세그먼트를 2개 이상의 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치시키는 단계를 포함한다.

일부 실시 형태에서, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면으로부터 돌출하는 스톱(stop)을 추가로 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 단계는 제1 파이프 섹션이 스톱과 접촉할 때까지 제1 파이프 섹션을 삽입하는 단계를 포함한다.

일부 실시 형태에서, 방법은 제1 키를 제1 형상 기억 중합체의 제1 전이 온도를 초과해 재가열하는 단계, 제2 파이프 섹션에 대해 제1 파이프 섹션의 위치를 바꾸는 단계, 및 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이에 기계적 간섭 결합부를 재형성하는 단계를 추가로 포함한다. 일부 실시 형태에서, 방법은 제1 키를 제1 형상 기억 중합체의 제1 전이 온도를 초과해 재가열하는 단계, 및 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션으로부터 제거하는 단계를 추가로 포함한다.

- [0009] 다른 태양에서, 본 발명은 본 발명의 방법 중 임의의 것에 따라 제조된 집합된 파이프 조립체를 제공한다.
- [0010] 또 다른 태양에서, 본 발명은 제1 파이프 섹션 - 상기 제1 파이프 섹션은 제1 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제1 키 홈을 포함함 -; 제2 파이프 섹션 - 상기 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈을 포함함 -; 및 제1 형상 기억 중합체를 포함하는 제1 키를 포함하는 집합된 파이프 조립체를 제공한다. 제1 파이프 섹션의 적어도 일부분이 제2 파이프 섹션 내측에 위치되어 제1 키 홈이 제2 키 홈과 정렬되게 하고, 제1 키가 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치되어 제1 키 홈 및 제2 키 홈을 적어도 부분적으로 충전한다.
- [0011] 일부 실시 형태에서, 제1 키는 제1 키의 길이에 대응하는, 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 일부를 실질적으로 충전한다.
- [0012] 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈은 제1 원주방향 홈을 포함하고, 제2 키 홈은 제2 원주방향 홈을 포함하며, 제1 키는 호를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈 및 제2 키 홈 중 적어도 하나는 아치형 단면을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈 및 제2 키 홈 중 적어도 하나는 삼각형, 직사각형, 및 사다리꼴로 이루어진 군으로부터 선택되는 단면을 갖는다.
- [0013] 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 제2 키 홈은 복수의 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함한다. 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 적어도 일부가 제2 리세스들 중 적어도 일부와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬된다. 형상 기억 중합체를 포함하는 세그먼트는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 적어도 부분적으로 충전한다.
- [0014] 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함한다. 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 2개 이상이 제2 리세스와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬된다. 형상 기억 중합체는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스의 적어도 일부를 적어도 부분적으로 충전한다.
- [0015] 일부 실시 형태에서, 제1 키 홈 또는 제2 키 홈은 복수의 제1 리세스를 포함하고, 다른 키 홈은 제2 리세스를 포함하며, 제1 키는 형상 기억 중합체를 각각 포함하는 복수의 세그먼트를 포함한다. 제1 키 홈 및 제2 키 홈은 제1 리세스들 중 2개 이상이 제2 리세스와 정렬되어 복수의 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 형성하도록 정렬된다. 형상 기억 중합체를 포함하는 세그먼트는 쌍을 이룬 제1 리세스와 제2 리세스 사이에 위치되어 쌍을 이룬 제1 리세스 및 제2 리세스를 적어도 부분적으로 충전한다.
- [0016] 일부 실시 형태에서, 제1 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면으로부터 돌출하는 스톱과 접촉한다.
- [0017] 본 발명의 상기 개요는 본 발명의 각각의 실시 형태를 설명하고자 하는 것은 아니다. 본 발명의 하나 이상의 실시 형태의 상세 사항이 또한 하기의 상세한 설명에 기술된다. 본 발명의 다른 특징, 목적, 및 이점이 상세한 설명 및 특허청구범위로부터 명백할 것이다.

## 도면의 간단한 설명

- [0018] <도 1>
- 도 1은 본 발명의 일부 실시 형태에 따른, 키 홈을 갖는 제1 파이프 섹션 및 제2 파이프 섹션을 도시하는 도면.
- <도 1a>
- 도 1a는 도 1의 파이프 섹션들의 단면도.
- <도 2>
- 도 2는 도 1의 제2 파이프 섹션 내로 삽입된 도 1의 제1 파이프 섹션을 도시하는 도면.
- <도 2a>
- 도 2a는 키 홈과 키의 정렬을 포함한 도 2의 파이프 섹션들의 단면도.
- <도 2b>
- 도 2b는 키를 포함한 정렬된 키 홈들의 단면도.

<도 3>

도 3은 활성화시 키의 치수의 변화를 도시하는 도 2a의 단면도.

<도 3a>

도 3a는 활성화시 키의 치수의 변화를 도시하는 도 2b의 단면도.

<도 4>

도 4는 본 발명의 일부 실시 형태에 따른, 복수의 리세스를 포함하는 키 홈을 갖는 제1 파이프 섹션 및 제2 파이프 섹션을 도시하는 도면.

<도 5>

도 5는 도 4의 제2 파이프 섹션 내로 삽입된 도 4의 제1 파이프 섹션을 도시하는 도면.

<도 5a>

도 5a는 복수의 세그먼트가 활성화된 후의 복수의 세그먼트를 포함하는 키를 포함한 정렬된 키 홈들의 단면도.

<도 6a>

도 6a는 본 발명의 일부 실시 형태에 따른, 키 홈 및 시일(seal)을 갖는 제1 파이프 섹션 및 제2 파이프 섹션의 단면도.

<도 6b>

도 6b는 키 및 시일을 포함한, 도 6a의 제2 파이프 섹션 내로 삽입된 도 6a의 제1 파이프 섹션의 단면도.

<도 7>

도 7은 본 발명의 일부 실시 형태에 따른 키를 사용해 90° 엘보(elbow)에 접합된 파이프의 단면도.

<도 8>

도 8은 본 발명의 일부 실시 형태에 따른, 키 홈 및 스톱을 갖는 제1 파이프 섹션 및 제2 파이프 섹션의 단면도.

<도 9>

도 9는 키를 포함한, 도 8의 제2 파이프 섹션 내로 삽입된 도 8의 제1 파이프 섹션의 단면도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 일반적으로, 파이프 섹션들, 예를 들어 파이프들, 파이프 피팅(pipe fitting)들, 및 파이프 커플링들은 다양한 수단에 의해 접합되고 있다. 일부 경우에, 파이프 섹션들은 나사산이 형성되고 파이프들은 하나의 섹션을 다른 섹션에 나사결합함으로써 서로 기계적으로 결합된다. 나사산이 형성된 파이프의 사용은 파이프 섹션들 사이의 가역적 연결을 생성하는데, 즉 파이프 섹션들 사이의 접합은 단지 섹션들을 나사결합 해제시킴으로써 "파괴"될 수 있고, 파이프 섹션들은 간단히 재접합될 수 있다.

[0020] 더 영구적인 다른 접합 수단은 파이프 섹션들을 접합하는 접착제 및 납땀의 사용 및 크리핑(crimping)을 포함한다. 이들 접근법은 파이프 섹션들을 함께 끼워맞춤에 있어서 더 큰 유연성을 제공하고 누출에 덜 약한 접합부를 생성하는 경향이 있지만, 파이프 섹션들 사이의 접합은 용이하게 가역적이지 않다. 예를 들어, 파이프 섹션들이 함께 용접된 경우, 수리 또는 교체는 일반적으로 접합부 주위의 섹션을 잘라내고, 제거된 부분에 걸치는 파이프 섹션을 삽입하며, 새로운 파이프 섹션을 제-용접하는 것을 필요로 한다. 유사하게, 접착제는 일반적으로 경화되어 영구적인 결합부를 형성하며 재작업이 요구되는 경우 접착제로부터 형성된 접합부들은 제거되어야 하고 파이프 섹션들 전부가 교체되어야 한다.

[0021] 일부 실시 형태에서, 본 발명은 파이프 섹션들 사이에 접합부를 생성하기에 유용한 재료 및 방법을 제공한다. 일반적으로, 본 발명은 파이프 섹션들을 접합하는 형상 기억 중합체의 사용에 관한 것이다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "파이프"는 직원기둥(right circular cylinder)을 포함하지만 이로 제한되지 않는 임의의 단면을 갖는 임의의 관형 물품을 지칭한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "파이프 섹션"은 파이프뿐만 아니라 피팅 및 커플링, 예를 들어 엘보(예를 들어, 45° 또는 90° 엘보), T-연결기, Y-연결기, 크로스



(cross), 캡(cap), 축소기, 확장기 등을 포함한다.

- [0022] 형상 기억 중합체(shape memory polymer, "SMP") 및 형상 기억 금속 또는 형상 기억 합금(shape memory alloy, "SMA")을 포함한 형상 기억 재료는 유용한 부류의 재료이다. 일반적으로, 형상 기억 재료는 원래의 비변형된 형상을 가지고 있고 가역적으로-변형된 형상을 갖도록 처리될 수 있는 재료이다. 이러한 변형된 형상은 형상 기억 중합체가 그것이 활성화되지 않는 한 변형된 형상을 유지할 것이라는 점에서 반-안정적이다. 재료에 따라, 형상 기억 재료는 열, 광, 및 전자기에 대한 노출을 포함한 다양한 수단에 의해 활성화될 수 있다. 통상적으로, 형상 기억 재료는 재료를 전이 온도,  $T_{trans}$ 를 초과해 가열함으로써 활성화된다. 활성화시, 변형된 형상은 불안정화되고, 형상 기억 중합체는 그의 원래의 비변형된 치수로 복귀하는 경향이 있다.
- [0023] 분자 수준에서, SMP는 넷포인트(netpoint)에 의해 연결된 세그먼트 쇠(segment chain)들을 포함하는 중합체 네트워크이다. 넷포인트는 공유 결합, 중합체 쇠들의 엉킴(entanglement), 또는 SMP의 소정 중합체 블록들 또는 작용기들의 분자간 상호작용에 의해 형성될 수 있다. SMP는 명확한 용융점( $T_m$ ) 또는 유리 전이 온도( $T_g$ )를 갖는다. 따라서, SMP는 유리질 또는 결정질일 수 있고, 열경화성 또는 열가소성 중 어느 하나일 수 있다. 이하에서, 용융점( $T_m$ ) 또는 유리 전이 온도( $T_g$ )는 전이 온도 또는  $T_{trans}$ 로 지칭될 것이다. SMP는 종종 수백%에 달하는 고 변형 용량의 이점을 갖는다.
- [0024] 일부 경우에, SMP의 물리적 넷포인트는 가역적으로 형성될 수 있다. 이들 넷포인트는 분자간 상호작용 및 쇠 엉킴을 포함한다. 가역적으로 형성가능한 넷포인트를 갖는 SMP는 종종 넷포인트가 제거되는 온도,  $T_{perm}$ 을 갖는다.  $T_{perm}$ 은  $T_{trans}$ 보다 높으며, 중합체가 용융 유동이 가능하게 되는 온도를 나타낸다. 넷포인트로서 공유 결합을 갖는 SMP는 일반적으로 임의의 온도에서 용융 유동이 불가능하고, 일반적으로  $T_{perm}$ 을 갖지 않는다.
- [0025] SMP의 영구적인 형상은 초기의 구조 또는 성형 공정에서 넷포인트 또는 가교결합이 형성될 때 확립된다. SMP가 화학적으로 가교결합되는 경우, 이들 화학적 가교결합은, 종종 중합 혼합물에 다기능 단량체를 포함시킴으로써, 중합체가 초기에 경화될 때 형성될 수 있다. 대안적으로, 화학적 가교결합은, 예를 들어 UV 광 또는 E-빔과 같은 방사선에 의해, 초기의 중합 후에 형성될 수 있다. SMP가 물리적으로 가교결합되고  $T_{perm}$ 을 갖는 경우, 넷포인트는 보통 중합체를  $T_{perm}$ 을 초과해 가열하고, SMP를 원하는 영구적인 형상으로 형성하며, 이어서 이를  $T_{perm}$  아래로 냉각되게 하여, 물리적 넷포인트가 형성되게 함으로써 형성된다.
- [0026] SMP는 영구적인 형상으로부터 일시적인 변형된 형상으로 변형될 수 있다. 이러한 단계는 종종 중합체를 그의  $T_{trans}$ 를 초과해 그리고, 존재하는 경우, 그의  $T_{perm}$  아래로 가열하고; 샘플을 변형시키며; 이어서 SMP가 냉각되는 동안 변형을 제위치에 유지함으로써 행해진다. 대안적으로, 일부 경우에, 중합체는 그의  $T_{trans}$  아래의 온도에서 변형되어 그 일시적인 형상을 유지할 수 있다. 후속적으로, 원래의 형상은 재료를  $T_{trans}$ 를 초과해 가열함으로써 회복된다.
- [0027] 물리적으로 가교결합된 적합한 SMP의 예에는 선형 블록 공중합체, 예를 들어 열가소성 폴리우레탄 탄성중합체가 포함되지만, 이로 제한되지 않는다. 폴리우레탄들의 공중합체, 폴리스티렌 및 폴리(1,4-부타디엔), 폴리(테트라하이드로푸란) 및 폴리(2-메틸-2-옥사졸린)의 ABA 트라이블록 공중합체, 다면체 올리고머 실세스퀴옥산(POSS)-변성 폴리노르보르넨, 및 PE/나일론-6 그래프트 공중합체와 같은 멀티블록 공중합체가 또한 SMP로서 역할을 할 수 있다.
- [0028] 형상 기억 중합체의 추가 예에는 폴리우레탄, 폴리노르보르넨, 폴리에테르, 폴리아크릴레이트, 폴리아미드, 폴리실록산, 폴리에테르 아미드, 폴리에테르 에스테르, 트랜스-폴리아이소프렌, 폴리메틸메타크릴레이트, 가교결합된 폴리에틸렌, 가교결합된 폴리아이소프렌, 가교결합된 폴리사이클로옥텐, 무기-유기 혼성 중합체, 폴리에틸렌 및 스티렌-부타디엔 공중합체를 갖는 공중합체 블렌드(copolymer blend), 우레탄-부타디엔 공중합체, PMMA, 폴리카프로락톤 또는 올리고 카프로락톤 공중합체, PLLA 또는 PL/D LA 공중합체, PLLA PGA 공중합체, 및 아조-염료, 양성이온성(zwitterionic) 재료, 및 다른 광색성(photochromatic) 재료, 예를 들어 문헌["Shape Memory Materials" by Otsuka and Wayman, Cambridge University Press 1998]에 기재된 것을 포함한 광가교결합성 중합체가 포함된다. 화학적으로 가교결합된 적합한 형상 기억 중합체의 예에는 HDPE, LDPE, PE 및 폴리비닐 아세테이트의 공중합체가 포함되지만, 이로 제한되지 않는다.
- [0029] 추가의 적합한 형상 기억 중합체에는 국제 공개 WO 03/084489호; 미국 특허 제5,506,300호(워드(Ward) 등), 미



국 특허 제5,145,935호(하야시(Hayashi)), 미국 특허 제5,665,822호(비틀러(Bitler) 등), 및 문헌[Gorden, "Applications of Shape Memory Polyurethanes," Proceedings of the First International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, SMST International Committee, pp. 115- 19 (1994)]; 미국 특허 제6,160,084호(랭거(Langer)), 미국 특허 제6,388,043호(랭거), 문헌[Kim, et al., "Polyurethanes having shape memory effect," Polymer 37(26):5781-93 (1996)]; 문헌[Li et al., "Crystallinity and morphology of segmented polyurethanes with different soft-segment length," J Applied Polymer 62:631-38 (1996)]; 문헌[Takahashi et al., "Structure and properties of shape-memory polyurethane block polymers," J. Applied Polymer Science 60:1061-69 (1996)]; 문헌[Tobushi H., et al., "Thermomechanical properties of shape memory polymers of polyurethane series and their applications," J Physique IV (Colloque C1) 6:377-84 (1996)]에 기재된 것이 포함되지만, 이로 제한되지 않는다. 다른 SMP가 미국 특허 제5,155,199호(하야시), 미국 특허 제7,173,096호(매더(Mather) 등), 미국 특허 제4,436,858호(클로시에비츠(Klosiewicz)), 일본 특허 제 07126125호, 일본 특허 제2959775호, 미국 특허 제2005/244353호(렌들인(Lendlein) 등), 및 미국 특허 제 2007/009465호(렌들인 등)에 기재되어 있다. 아크릴 SMP는 미국 특허 제2006/041089호(매더 등), 문헌[C.M. Yakachi et al., Advanced Functional Materials, 18 (2008), 2428-2435], 및 문헌[D.L. Safranski et al., Polymer 49 (2008)4446-4455]에 개시되어 있다. 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS) 중합체, 폴리카르보네이트, 및 폴리에틸렌 테레프탈레이트의 형상 기억 특성이 문헌[Hussein et al., "New Technologies for Active Disassembly: Using the Shape Memory Effect in Engineering Polymers," Int. J. Product Development, 6:431-449 (2008)]에 의해 개시된다.

[0030] 구매가능한 열가소성 SMP에는 에스엠피 테크놀로지스(SMP Technologies)로부터 MM 타입, MP 타입, MS 타입 및 MB(microbead powder, 마이크로비드 분말) 타입 시리즈를 포함한 상표명 "다이어리(DiARY)"로 입수가 가능한 폴리우레탄; 컴포지트 테크놀로지 디벨롭먼트, 인크.(Composite Technology Development, Inc.)로부터의 탄성 기억 복합체(elastic memory composite, "EMC"); 및 코너스톤 리서치 그룹(Cornerstone Research Group, "CRG")으로부터 상표명 "베리플렉스(VERIFLEX)"로 입수가 가능한 것이 포함되지만, 이로 제한되지 않는다.

[0031] 넓은 범위의 전이 온도를 갖는 형상 기억 중합체가 알려져 있으며, 이들 응용에 사용하기에 적합하다. 그러나, 일부 실시 형태에서, 전이 온도에 대한 바람직한 범위가 있을 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 사용 온도는 형상 기억 중합체의 원하는 전이 온도를 좌우할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서,  $T_{trans}$ 는 100 °C 이상, 일부 실시 형태에서 110 °C 이상, 또는 심지어 120 °C 이상이다. 일부 실시 형태에서,  $T_{trans}$ 는 180 °C 이하, 일부 실시 형태에서 160 °C 이하, 또는 심지어 150 °C 이하이다. 일부 실시 형태에서,  $T_{trans}$ 는 100 내지 180 °C, 예를 들어 110 내지 160 °C, 또는 심지어 120 내지 150 °C이다.

[0032] 일반적으로, 본 발명의 파이프 접합 방법은 형상 기억 중합체의 온도를 증가시킴으로써 유발될 수 있는 치수의 변화를 이용한다. 일부 실시 형태에서, 파이프 섹션들은 형상 기억 중합체가 그의 일시적인 변형된 형상 상태에 있는 동안 함께 드라이 끼워맞춤(dry fitting)될 수 있다. 형상 기억 중합체가 그의 전이 온도를 초과해 가열될 때 발생하는 치수의 변화시, 그의 영구적인 비변형된 치수 상태에 있는 형상 기억 중합체의 기하학적 형상이 파이프 섹션들의 기하학적 특징부에 일치하여 파이프 섹션들 사이에 기계적 간섭 결합부를 형성한다. 일반적으로, 형상 기억 중합체의 치수 및 파이프 섹션들의 기하학적 특징부는, 형상 기억 중합체를 그의 전이 온도를 초과해 재가열함이 없을 때는, 파이프 섹션들이 형상 기억 중합체를 전단시키는 것에 의해서만 분리될 수 있도록 선택된다.

[0033] 본 발명에 따른 파이프 접합 방법 및 접합된 파이프 섹션들의 예시적인 실시 형태가 도 1 내지 도 3에 도시되어 있다. 도 3 및 도 3a를 참조하면, 키(130)가 제1 파이프(110)를 제2 파이프(120)에 접합하는 데 사용된다. 도 1 및 도 1a를 참조하면, 제1 파이프(110)는 제1 파이프(110)의 외측 표면(114)에 대해 오목한 제1 키 홈(112)을 포함한다. 제1 키 홈이 외측 표면(114)에 대해 오목하다면, 제1 키 홈(112)의 단면 형상은 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 도 1a에 도시된 바와 같이, 제1 키 홈(112)은 외측 표면(114)에서 그의 최대 폭을 갖고 키 홈이 제1 파이프(110)의 중심을 향해 연장됨에 따라 그의 가장 좁은 폭으로 점점 가늘어지는, 실질적으로 삼각형인 단면을 갖는다.

[0034] 제2 파이프(120)는 제2 파이프(120)의 내측 표면(123)에 대해 오목한 제2 키 홈(122)을 포함한다. 제2 키 홈이 내측 표면(123)에 대해 오목하다면, 제2 키 홈(122)의 단면 형상은 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 도 1a에 도시된 바와 같이, 제2 키 홈(122)은 내측 표면(123)에서 그의 최대 폭을 갖고 키 홈이 제2 파이프(120)의 중심으로부터 멀어지도록 연장됨에 따라 그의 가장 좁은 폭으로 점점 가늘어지는 아치형 단면을 갖는다.

- [0035] 도 2, 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 제1 파이프(110)가 제2 파이프(120) 내로 삽입되어, 제1 키 홈(112)과 제2 키 홈(122)이 실질적으로 정렬되게 한다. 형상 기억 중합체를 포함하는 키(130)가 제1 키 홈(112)과 제2 키 홈(122) 사이에 형성된 공동(cavity) 내에 위치된다. 이 시점에서, 키(130)는 그의 일시적인 또는 가역적으로-변형된 형상 상태에 있으며, 제2 키 홈(122) 내에 완전히 넣어진다.
- [0036] 도 3 및 도 3a를 참조하면, 예를 들어 형상 기억 중합체를 그의 전이 온도를 초과해 가열함으로써 활성화될 때, 키(130)는 그의 영구적인 또는 비변형된 형상으로 복귀하는 경향이 있다. 이러한 경우에, 키(130)의 단면 치수는 팽창하고 키의 길이는 감소된다. 비변형된 형상으로 복귀하는 형상 기억 중합체의 능력은 제1 키 홈 및 제2 키 홈의 치수에 의해 제한될 것이다. 일반적으로, 활성화시, 키는 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 적어도 일부를 충전한다. 일부 실시 형태에서, 키(130)는 키의 감소된 길이에 걸쳐 제1 키 홈(112) 및 제2 키 홈(122)의 깊이를 충전한다.
- [0037] 형상 기억 중합체가 제1 키 홈(112)과 제2 키 홈(122) 둘 모두의 적어도 일부를 충전하기 때문에, 형상 기억 중합체가 전이 온도 아래로 냉각되는 경우, 제1 파이프(110)를 제2 파이프(120)에 결합하는 기계적 간섭 접합부가 형성된다. 제1 파이프(110)를 제2 파이프(120)로부터 분리하기 위해, 키(130)가 전단되어야 할 것이다. 따라서 접합부의 강도는 키의 기하학적 형상(예를 들어, 전단 방향에 수직인 단면적 및 길이) 및 물리적 특성(예를 들어, 전단 계수 및 전단 강도)에 의해 영향을 받는다.
- [0038] 일부 실시 형태에서, 형상 기억 중합체는 제1 키 홈과 제2 키 홈 중 하나 또는 둘 모두의 깊이를 완전히 충전할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 형상 기억 중합체는, 예를 들어 표면 불규칙과 같은 결함 및 포집된 공기가 형상 기억 중합체가 키 홈을 완전히 충전하는 것을 억제하거나 방지하는 경우, 키 홈의 깊이를 "실질적으로 충전한다". 일부 실시 형태에서, 형상 기억 중합체는 제1 키 홈과 제2 키 홈 중 하나 또는 둘 모두의 깊이를 부분적으로만 충전할 수 있다. 일반적으로, 형상 기억 중합체가 제1 키 홈 및 제2 키 홈을 충전하는 정도는, 활성화 전과 활성화 후 둘 모두에서의, 키 홈의 형상 및 치수와 키의 형상 및 치수에 좌우된다.
- [0039] 형상 기억 중합체 키는 활성화될 수 있는데, 즉 다양한 수단들 중 임의의 것을 사용해 그의 전이 온도를 초과해 가열될 수 있다. 예를 들어, 용접 작업과 유사하게, 화염이 파이프에 지향될 수 있다. 그러나, 일부 실시 형태에서, 나화(open flame)를 사용하는 것은 바람직하지 않을 수 있다. 형상 기억 중합체의 비교적 낮은 전이 온도로 인해, 일부 실시 형태에서, 키는 고온 유체, 예를 들어 고온 기체를 파이프 섹션들에 지향시킴으로써 활성화될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 파이프를 가열하고, 다음에는 형상 기억 중합체 키를 그의 전이 온도를 초과해 가열하기 위해 고온 공기 건(gun)이 사용될 수 있다. 일반적으로, 키는 열원이 제거된 때 그의 전이 온도 아래로 냉각될 것이다. 그러나, 일부 실시 형태에서, 저온 유체, 예를 들어 차가운 공기 또는 물을 파이프 섹션들에 적용함으로써 냉각을 가속하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0040] 일반적으로, 형상 기억 중합체로 제조된 외측 슬리브(sleeve)에 의해 접합된 파이프들은 형상 기억 중합체를 구부림 또는 비틀림 방식으로 변형시킴으로써 분리될 수 있다. 대조적으로, 정렬된 키 홈들 충전시, 키는 파이프들 사이에 기계적 간섭 결합부를 생성한다. 형상 기억 중합체가 둘 모두의 키 홈을 충전하기 때문에, 파이프들은 키를 전단시키는 것에 의해서만 분리될 수 있으며, 상당히 더 강한 접합부가 형성된다.
- [0041] 삼각형 형상의 키 홈 및 아치형 키 홈에 부가하여, 다른 키 홈 형상들이 또한 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 직사각형 단면을 갖는 키 홈이 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 사다리꼴 단면을 갖는 키 홈이 사용될 수 있다.
- [0042] 일부 실시 형태에서, 키 홈은 파이프의 원주 전체의 주위로 연장될 수 있다. 그러나, 키가 키 홈 내에 위치될 수 있다면 키 홈은 임의의 길이를 가질 수 있다. 키 삽입 및 제1 키 홈과 제2 키 홈 정렬의 용이함을 위해, 일부 실시 형태에서, 접합 중인 파이프 섹션들 중 적어도 하나, 그리고 일부 실시 형태에서 둘 모두의 원주 전체의 주위로 연장되는 키 홈을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 일단 키 홈들이 정렬되면, 파이프 섹션들은 드라이 끼워맞춤 단계 동안에 서로에 대해 회전될 수 있다. 이어서, 파이프 섹션들이 원하는 바대로 배향되면, 형상 기억 중합체가 그의 전이 온도를 초과해 가열될 수 있어서, 키의 단면 팽창 및 2개의 파이프 섹션을 접합하는 기계적 간섭 결합부의 형성을 야기한다.
- [0043] 일부 실시 형태에서, 예를 들어 파이프 섹션들의 비틀림이 바람직하지 않을 수 있는 경우, 복수의 리세스를 포함하는 키 홈들이 복수의 분리된 형상 기억 세그먼트들을 포함하는 키와 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 4 및 도 5를 참조하면, 제1 파이프(210)는 제1 리세스(212a, 212b, 및 212c)들을 포함한, 그의 원주 주위에 위치한 복수의 제1 리세스를 포함하는 키 홈을 포함한다. 유사하게, 제2 파이프(220)는 제2 리세스(222a, 222b,

및 222c)들을 포함한, 대응하는 복수의 제2 리세스를 포함하는 키 홈을 포함한다.

- [0044] 도 5 및 도 5a를 참조하면, 제1 파이프(210)가 제2 파이프(220) 내에 삽입될 때, 하나의 제1 리세스(212a)가 하나의 제2 리세스(222a)와 정렬되며, 이때 형상 기억 중합체의 세그먼트(230a)가 이들 사이에 위치된다. 유사하게, 형상 기억 중합체의 세그먼트(230b)가 제1 리세스(212b) 및 제2 리세스(222b)의 제2 정렬된 쌍 사이에 위치되고, 세그먼트(230c)가 제1 리세스(212c) 및 제2 리세스(222c)의 제3 정렬된 쌍 사이에 위치된다. 일부 실시 형태에서, 형상 기억 중합체의 세그먼트가 정렬된 리세스들의 각각의 쌍 사이에 존재하지 않을 수 있다.
- [0045] 도 5a를 참조하면, 형상 기억 중합체 세그먼트들이 활성화되면(예를 들어, 그들의 전이 온도를 초과해 가열됨), 형상 기억 중합체의 세그먼트들은 단면이 팽창하여 제1 리세스 및 제2 리세스의 정렬된 쌍들을 충전할 것이다. 형상 기억 중합체가 냉각되면, 제1 파이프와 제2 파이프는 정렬된 리세스들의 쌍 내의 형상 기억 세그먼트들의 간섭 끼워맞춤에 의해 접합될 것이다.
- [0046] 일부 실시 형태에서, 제1 파이프 섹션에 제1 키 홈을 형성하는 복수의 리세스가 제2 파이프 섹션의 단일 공통의 제2 키 홈과 정렬될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 단일 키가 제2 키 홈 내에 넣어질 수 있다. 이어서 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션은 제1 키 홈의 리세스들 중 2개 이상이 제2 키 홈과 정렬되도록 정렬될 수 있으며, 이때 키는 정렬된 리세스들과 제2 키 홈 사이에 위치된다. 키가 그의 전이 온도를 초과해 가열되면, 키는 팽창하여 제1 키 홈의 2개 이상의 리세스 및 제2 키 홈의 대응 부분을 충전하여서 파이프 섹션들 사이에 간섭 결합부를 형성할 것이다. 대안적으로, 일부 실시 형태에서, 키를 형성하는 복수의 세그먼트가 제1 키 홈을 형성하는 복수의 리세스 내에 위치될 수 있다. 이어서, 세그먼트들이 그들의 전이 온도를 초과해 가열되면, 세그먼트들은 팽창하여 제1 키 홈의 리세스들 중 2개 이상 및 제2 키 홈의 대응 영역을 충전하여서 파이프 섹션들 사이에 간섭 결합부를 형성할 것이다.
- [0047] 일반적으로, 키의 길이는 원하는 기계적 간섭 결합 강도를 제공하도록 선택된다. 그러나, 키의 길이 및 키의 길이에 비한 키 홈들의 길이에 무관하게, 활성화시 키의 길이의 감소는 키 홈들의 일부가 형상 기억 중합체로 충전되지 않는 결과를 가져온다. 따라서, 키 자체는 키 홈들의 길이 전체에 걸쳐 유체-밀봉 압력 시일을 제공하지 않는다.
- [0048] 일부 실시 형태에서, 하나 이상의 시일이 키와 조합하여 사용될 수 있다. 시일은 반드시 파이프들 사이의 결합에 기여할 필요가 없기 때문에, 그러한 시일의 선택, 위치 선정, 및 재료에 있어서 큰 유연성이 존재한다. 예를 들어 O-링을 포함한 임의의 공지된 시일이 사용될 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 제1 파이프(310)가 제2 파이프(320) 내로 삽입되어, 제1 키 홈(312)과 제2 키 홈(322)이 실질적으로 정렬되게 한다. 형상 기억 중합체를 포함하는 키(330)가 제1 키 홈(312)과 제2 키 홈(322) 사이에 형성된 공동 내에 위치된다. 도시된 바와 같이, O-링(390)이 제2 파이프(320)의 홈(395) 내로 부분적으로 넣어진다. 파이프 섹션들이 접합되면, O-링(390)은 제1 파이프(310)와 제2 파이프(320) 사이에 위치되어 시일, 예를 들어 유체 밀봉 시일을 형성한다. 일반적으로, O-링은 제1 파이프의 매끄러운 외측 표면에 대항하여 압축되어 유체 밀봉 시일을 형성한다. 일부 실시 형태에서, 원하는 밀봉을 성취하고 누출을 방지하기 위해 필요한 경우 복수의 O-링 또는 다른 시일이 사용될 수 있다.
- [0050] 도 6b를 참조하면, 예를 들어 형상 기억 중합체를 그의 전이 온도를 초과해 가열함으로써 활성화될 때, 키(330)의 길이는 감소하고 그의 길이에 수직인 키의 단면 치수는 증가한다. 따라서, 키(330)는 제1 파이프와 제2 파이프 사이에 기계적 간섭 결합부를 제공하는 한편, O-링(390)은 원하는 밀봉을 독립적으로 제공한다.
- [0051] 상기의 실시 형태가 2개의 파이프 접합에 관련되었을지라도, 방법, 재료, 및 개념은 다른 파이프 섹션에 동등하게 적용된다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 파이프 섹션들 중 하나는 피팅 또는 커플링, 예를 들어 엘보(예를 들어, 45° 또는 90° 엘보), T-연결기, Y-연결기, 크로스, 캡, 축소기, 확장기 등일 수 있다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 90° 엘보(400)가 제1 파이프(410)에 연결된다. 제1 키 홈(412)은 제1 파이프(410)의 외측 표면에 대해 오목하다. 제1 파이프(410)가 90° 엘보(400)의 제1 단부(401) 내에 삽입된다. 제1 키 홈(412)이 엘보(400)의 제1 단부(401)의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈(422)과 정렬된다. 제1 키(430)가 제1 키 홈(412)과 제2 키 홈(422) 사이에 생성된 공동 내에 위치된다. 활성화될 때, 형상 기억 중합체는 단면이 팽창하여, 제1 키 홈(412) 및 제2 키 홈(422)을 실질적으로 충전하여서, 기계적 간섭 결합부로 제1 파이프(410)를 엘보(400)의 제1 단부(401)에 결합할 것이다. 유사하게, 제2 파이프 섹션이 90° 엘보(400)의 제2 단부(403)에 접합될 수 있다. 즉, 제2 파이프 섹션이 제2 단부(403) 내로 삽입될 수 있어, 제2 파이프 섹션의 키 홈이 엘보(400)의 제3 키 홈(423)과 정렬될 것이다. 이어서 형상 기억 중합체 키가 엘보(400)와 제2 파이프 사이에 기계

적 간섭 결합부를 형성하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 도시되어 있지 않을지라도, 엘보의 일 단부 또는 양 단부는 시일, 예를 들어 O-링을 포함할 수 있다.

- [0052] 일부 실시 형태에서, 제1 파이프 섹션 및 제2 파이프 섹션의 키 홈들의 정렬은 스톱의 사용을 통해 단순화될 수 있다. 도 8 및 도 9를 참조하면, 제1 파이프(510)는, 외측 표면(514)에 대해 오목하고 제1 파이프(510)의 제1 단부(501)로부터 거리 L1에 위치한 제1 키 홈(512)을 포함한다.
- [0053] 커플러(520)는 커플러(520)의 내측 표면(523)에 대해 오목한 제2 키 홈(522)을 포함한다. 커플러(520)는 또한 내측 표면(523)으로부터 커플러(520)의 중심을 향해 돌출하는 스톱(560)을 포함한다. 스톱(560)은 제2 키 홈(522)으로부터 거리 L2에 위치된다. 일부 실시 형태에서, 스톱은 원주방향 링일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 스톱은 하나 이상의 분리된 요소, 예를 들어 포스트(post)를 포함할 수 있다.
- [0054] 도 9를 참조하면, 제1 파이프(510)가 커플러(520) 내로 삽입된다. 거리 L1과 거리 L2는 제1 파이프(510)의 제1 단부(501)가 스톱(560)과 접촉하고, 제1 파이프(510)가 커플러(520) 내로 추가로 삽입될 수 없으며, 제1 키 홈(512)과 제2 키 홈(522)이 실질적으로 정렬되도록 선택될 수 있다. 활성화시, 키(530)는 둘 모두의 키 홈을 실질적으로 충전하여 제1 파이프와 커플러 사이에 기계적 간섭 결합부를 형성한다. 도 8 및 도 9의 실시 형태가 파이프 및 커플러에 관련될지라도, 임의의 2개의 파이프 섹션이 사용될 수 있다. 또한, 예를 들어 시일(예를 들어, O-링)과 같은, 다양한 실시 형태의 다른 특징부가 포함될 수 있다.
- [0055] 스톱의 사용은 또한 파이프 조립체를 형성하는 공정을 단순화할 수 있다. 예를 들어, 스톱과 제2 키 홈 사이의 거리가 알려진 경우(예를 들어, 표준화되어 있거나 측정됨), 배관공은 제1 파이프 섹션 상에 대응 제1 키 홈이 형성되어야 할 곳을 신속하게 그리고 용이하게 위치선정할 수 있다. 이어서 파이프 절단기와 같은 통상의 공구가 현장에서 제1 키 홈을 적절한 위치에 형성하기 위해 사용될 수 있다.
- [0056] 일부 실시 형태에서, 본 발명의 키는 파이프 섹션들을 접합하기 위한 신속하고 편리한 방법을 제공한다. 일부 실시 형태에서, 방법은 가역적이다. 일반적으로, 제1 파이프 섹션은 제1 파이프 섹션의 외측 표면에 대해 오목한 제1 키 홈을 포함하는 한편, 제2 파이프 섹션은 제2 파이프 섹션의 내측 표면에 대해 오목한 제2 키 홈을 포함한다. 이들 키 홈은 예를 들어 주조 및 성형(즉, 키 홈은 원래의 파이프 섹션이 주조되거나 성형될 때 형성됨), 또는 기계가공(예를 들어, 키 홈은 파이프 섹션이 형성된 후에 파이프 섹션 내로 그라인딩(grinding)되거나 카빙(carving)됨)을 포함한 임의의 공지된 수단에 의해 형성될 수 있다.
- [0057] 일반적으로, 키 홈의 형상 및 치수는 특별히 제한되지 않는다. 일부 실시 형태에서, 특히 파이프 벽 치수가 결정된 후에 키 홈이 형성되는 경우, 키 홈의 최대 깊이는 파이프의 벽 두께, 및 키 홈 영역의 파이프의 허용가능한 최소 나머지 두께에 의해 조절될 것이다. 일부 실시 형태에서, 키 홈의 치수는, 키의 일시적인(즉, 가역적으로 변형된) 치수와 영구적인(즉, 비변형된) 치수 둘 모두와 함께, 원하는 접합 강도를 제공하도록 선택될 수 있다.
- [0058] 일부 실시 형태에서, 키 홈은 파이프의 하나의 표면에 대해 오목하고 반대측 표면에 대해 볼록할 수 있다. 예를 들어, 도 1a를 참조하면, 제1 키 홈(112)은 파이프(110)의 외측 표면(114)에 대해 오목하고, 내측 표면에 대해 볼록하다. 즉, 제1 키 홈(112)은 파이프(110)의 중심을 향해 돌출해 들어가, 파이프를 통한 유동 경로를 부분적으로 차단한다. (또한 도 5a의 제1 리세스(212a, 212b, 및 212c)를 참조.) 유사하게, 제2 키 홈(122)은 파이프(120)의 내측 표면(123)에 대해 오목하고 반대측의 외측 표면에 대해 볼록하다. 즉, 제2 키 홈(122)은 제2 파이프(120)의 중심으로부터 멀리 돌출해 나온다. (또한 도 5a의 제2 리세스(222a, 222b, 및 222c)를 참조.)
- [0059] 일부 실시 형태에서, 하나 또는 둘 모두의 키 홈이 그의 반대측 표면과 동일 평면을 유지하게 하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 도 6a에 도시된 바와 같이, 제1 키 홈(312)은 제1 파이프(310)의 외측 표면에 대해 오목하지만, 파이프(310)의 중심을 향해 돌출해 들어가지 않는다. (또한, 도 7의 제1 키 홈(412) 및 도 8의 제1 키 홈(512) 참조.) 따라서, 도 1의 제1 키 홈(112)과는 대조적으로, 도 6a의 제1 키(312)는 제1 파이프(310)를 통한 유체의 유동을 방해하지 않는다. 도시되어 있지 않을지라도, 일부 실시 형태에서, 제2 키 홈이 또한 제2 파이프 섹션의 외측 표면으로부터 돌출하지 않도록 형성될 수 있다. 그러나, 그러한 돌출은 유동을 방해하지 않을 것이고 키 홈의 영역의 파이프 두께가 더 클 것이기 때문에, 제2 키 홈이 제2 파이프 섹션의 외측 표면으로부터 돌출하게 하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0060] 일반적으로, 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션 내로 삽입되고 제1 키 홈과 제2 키 홈이 정렬된다. 형상 기억 중합체를 포함하는 키가 제1 키 홈과 제2 키 홈 사이에 위치된다. 일부 실시 형태에서, 제1 파이프 섹션 및 제



2 파이프 섹션 중 적어도 하나의 키 홈의 깊이 및 폭은, 키가 키 홈 내에 넣어져 키가 키 홈의 밖으로 최소로 돌출하거나 전혀 돌출하지 않을 수 있을 정도로 충분하다. 일반적으로, 키 홈의 밖으로의 키의 임의의 돌출은 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하는 것을 방해할 수 있다. 따라서, 일부 실시 형태에서, 키는 제1 파이프 섹션을 제2 파이프 섹션 내로 삽입하기 전에 키 홈으로 완전히 넣어진다.

[0061] 일단 파이프 섹션들이 원하는 바대로 정렬되면, 키는 예를 들어 형상 기억 중합체를 그의 전이 온도를 초과해 가열함으로써 활성화될 수 있다. 활성화 전에, 파이프 섹션들은 조정되거나 심지어 분리될 수 있다. 따라서, 일부 실시 형태에서, 본 발명의 방법은 인접 파이프들, 피팅들, 또는 커플링들 사이에 임의의 영구적인 연결부를 형성하기 전에 파이프라인이 함께 "드라이 끼워맞춤"되게 한다.

[0062] 활성화시, 키는 그의 영구적인 비변형된 치수로 복귀하는 경향이 있다. 즉, 길이가 감소되고 길이에 수직인 단면이 팽창하여, 키가 키의 감소된 길이에 대응하는, 제1 키 홈과 제2 키 홈 둘 모두의 일부를 적어도 부분적으로 충전하게 한다. 키는 초기에 최소로 돌출되거나 전혀 돌출되지 않은 상태로 키 홈 내에 위치되지만, 가열될 때, 단면 치수는 둘 모두의 키 홈의 깊이를 적어도 부분적으로 충전하고, 일부 실시 형태에서 실질적으로 충전하기에 충분히 팽창한다. 둘 모두의 키 홈의 깊이를 충전하기에 충분한 팽창을 갖기 위해, 일부 실시 형태에서 길이의 큰 감소, 예를 들어 10% 이상의 길이의 감소를 갖는 것이 필요하다.

[0063] 일반적으로, 본 발명의 방법은 인접 파이프 섹션들, 예를 들어 2개의 파이프, 파이프와 커플링, 또는 파이프와 피팅 사이에 기계적 접합부를 제공한다. 따라서, 일부 실시 형태에서, 본 발명의 방법은 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이에 기계적 간섭 결합부를 형성하도록 키를 냉각하는 단계를 추가로 포함한다.

[0064] 일부 실시 형태에서, 형성된 접합부는 가역적이다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 키는 형상 기억 중합체의 전이 온도를 초과해 재가열될 수 있다. 이어서, 제1 파이프 섹션이 제2 파이프 섹션에 대해 위치를 바꿀 수 있다. 키 재냉각시, 제1 파이프 섹션과 제2 파이프 섹션 사이의 기계적 간섭 결합부가 재형성될 수 있다. 따라서, 파이프 접합부는 종래의 파이프 접합 방법, 예를 들어 접착제 또는 납땜 접합부를 절단하는 단계 및 겹에 걸치는 새로운 섹션에 끼워맞추는 단계가 종종 요구되는 접착제 및 납땜과는 다르게 최소의 노력 및 재작업으로 조정될 수 있다.

[0065] 일부 실시 형태에서, 본 발명의 방법 및 재료는 또한 파이프 네트워크를 수리하는 편리한 수단을 제공한다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 특정 파이프 섹션을 제위치에 유지하는 키(들)를 재-가열하고, 그 파이프 섹션을 제거할 수 있다. 이어서 동일하거나 상이한 새로운 파이프 섹션이 적절한 키와 함께 삽입될 수 있다. 이어서, 새로운 키의 형상 기억 중합체의 활성화시, 새로운 파이프 섹션은 생성된 기계적 간섭 끼워맞춤에 의해 제위치에 단단히 유지될 수 있다.

[0066] [실시예]

[0067] 실시예 1.

[0068] 저장 촉매 용액(stock catalyst solution)을 제조하기 위해, 오븐-건조된 500 mL 플라스크를 질소 하에서  $WCl_6$  (2.00 g, 0.005 mol, 미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 시그마-알드리치(Sigma-Aldrich)), 및 약 100 mL의 톨루엔(무수, 미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 시그마-알드리치)으로 충전하였다. 이 혼합물을 질소로 퍼징하면서 1시간 동안 교반하였다. 시린지(syringe)를 통해 노닐페놀(1.1 g, 0.005 mol, 시그마-알드리치)을 부가하고, 용액을 질소 퍼지와 함께 4시간 동안 교반하였다. 이어서, 시린지를 사용해, 2,4-펜탄다이온(0.77 g, 0.008 mol, 아크로스 오가닉스(Acros Organics))를 부가하고, 용액을 질소 퍼지와 함께 17시간 동안 교반하였다. 무수 다이사이클로펜타디엔(250 mL, 1.84 mol, 티씨아이 아메리카(TCI America)로부터의 것, 4% 에틸리텐 노르보르넨을 포함함)을 부가하였다. 플라스크를 60°C 오일조(oil bath) 내에 두고 1.5시간 동안 용액에 진공을 인가하여 톨루엔 및 일부 다이사이클로펜타디엔을 포함한 다른 휘발성 물질을 제거하였다. 그 시점에서, 추가의 다이사이클로펜타디엔을 부가하여 용액의 총 중량을 250 g까지 되돌리고, 2,4-펜탄다이온(0.77 g, 0.008 mol, 아크로스 오가닉스)의 추가 투입물을 부가하였다.

[0069] 이 저장 촉매 용액을 다음과 같이 반응 혼합물 A를 제조하기 위해 사용하였다. 오븐-건조된 125 mL 삼각 플라스크를 격막(septum)으로 캡핑(capping)하고 질소로 퍼징하였다. 시린지를 사용해, 5-에틸리텐-2-노르보르넨(9.1 mL, 아크로스 오가닉스), 에틸 트라이클로로아세테이트(0.08 mL, 알드리치 케미칼(Aldrich Chemical)) 및 2.8 mL의 전술된 저장 촉매 용액을 부가하였다.

[0070] 반응 혼합물 B를 다음과 같이 제조하였다. 이르가녹스(IRGANOX) 1010 페놀계 산화방지제(0.22 g, 미국 뉴욕주

테리타운 소재의 시바 스페셜티 케미칼 코퍼레이션(Ciba Specialty Chemical Corp))를 오븐-건조된 125 ml 삼각 플라스크에 넣고, 이어서 이를 격막으로 캡핑하고 질소로 퍼징하였다. 에틸리덴 노르보르넨(8.3 ml) 및 샌티사이저(SANTICIZER) 261a 프탈레이트 가소제(2.4 ml, 페로 코퍼레이션(Ferro Corp.))를 부가하고, 이르기녹스 1010이 용해될 때까지 혼합물을 교반하였다. 이어서, 다이사이클로펜타디엔 중의 10 체적% 다이에틸알루미늄클로라이드(미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 시그마-알드리지) 용액 1.0 ml를 부가하였다.

[0071] 반응 혼합물 A와 반응 혼합물 B를 조합하여 호 형태의 형상 기억 중합체를 형성하였다. 반응 혼합물 A(11 ml)를 시린지 내로 로딩하였다. 별개의 시린지를 반응 혼합물 B(11 ml)로 로딩하였다. 시린지들을 시린지 펌프 내로 로딩하고 고정식 혼합기에 연결하였다. 30초 미만 동안, 두 가지 용액을 내경이 4.8 mm(0.19 인치)인 가요성 플라스틱 관 내로 주입하였다. 샘플은 경화될 때 발열하였고, 이어서 생성된 형상 기억 중합체를 관으로부터 제거하였다.

[0072] 이어서 중합체 로드(rod)를 10.2 cm(4 인치) 길이의 섹션들로 절단하였다. 이들 섹션을 120℃ 오븐 내에서 가열하고 직경이 2.3 mm(0.09 인치)로 감소될 때까지 손으로 연신시켰으며, 냉각시 이들은 이러한 긴 형상을 유지하였다. 이어서 이들 로드를 2.4 cm(0.96 인치) 직경의 구리 파이프 피팅 주위에 3회전 코일로 감고, 코일의 단부들을 함께 클램핑(clamping)하였다. 이어서 이 코일을 70℃ 오븐 내에서 10분 동안 가열하였다. 냉각 후에, 코일을 파이프 피팅으로부터 제거하였고, 코일은 그의 코일 형상을 유지하였다. 이어서 이 코일을 약 270도의 호로 절단하고, 샌딩(sanding)하여 그의 두께를 2.0 mm(0.08 인치)로 감소시켜서 키를 형성하였다.

[0073] 이어서 이 키를 구리 파이프 커플러의 내측의 키 홈 내로 삽입하였다. 커플러는 22.4 mm(0.88 인치)의 내측 보어를 가졌고, 커플러의 키 홈은 키가 키 홈 내에 있을 때 키가 피팅의 보어를 차단하지 않을 정도로 충분히 깊었다. 외경이 22.1 mm(0.87 인치)인 구리 파이프 하나를 일 단부로부터 6.4 mm(0.25 인치)에 원주 전체의 주위에 튜브 커터(tubing cutter)로 스코어링(scoring)하였다. 이어서 파일(file)을 사용해 이 초기 스코어를 깊이가 0.30 mm(0.012 인치)이고 폭이 1.8 mm(0.07 인치)인 키 홈으로 넓혔다. 이어서 이 파이프를 커플러 내로 삽입하고, 키 홈들 사이에 키가 위치된 상태로, 파이프의 키 홈을 커플러 내의 키 홈에 인접하게 위치시켰다. 이 조립체를 150℃ 오븐 내에서 5분 동안 가열하였다. 냉각 후에, 파이프는 커플러 내에 단단히 부착되었으며, 파이프는 손으로 커플러로부터 제거할 수 없었다.

[0074] 피팅을 분리하기 위해, 파이프/커플러 조립체를 150℃ 오븐 내에서 5분 동안 재가열하였다. 여전히 고온인 동안, 파이프는 손으로 커플러로부터 성공적으로 잡아당겨졌다. 키를 제거하였으며, 3.8 mm(0.15 인치)로 증가된 두께와 함께 더 짧은 것으로 확인되었다.

[0075] 실시예 2.

[0076] 실시예 1에 기재된 2.3 mm(0.09 인치) 직경의 긴 형상 기억 중합체 로드의 조각을 1.6 cm(0.62 인치) 외경의 구리 파이프의 주위에 2회전 코일로 감고, 코일의 단부들을 함께 클램핑하였다. 이어서 이 코일을 코일이 눈에 띄게 연화되고 파이프 주위에 조여질 때까지 가열 건으로 서서히 가열하였다. 냉각 후에, 코일을 파이프 피팅으로부터 제거하였으며, 코일은 코일 형상을 유지하였다. 이어서 이 코일을 각각 약 270도의 2개의 키로 절단하였다.

[0077] 내경이 16.5 mm(0.65 인치)인 (뮐러 인더스트리즈(Mueller Industries)로부터의) "스트림테크(StreamTech) 2" 구리 커플러를, 2개의 외측 O-링 시일을 그들의 홈으로부터 제거하지만 2개의 내측 O-링 시일은 그들의 홈 내에 제위치에 남겨 둠으로써 변경하였다. 이어서 형상 기억 중합체 키를 커플러의 2개의 최외측 홈(즉, 키 홈) 내로 삽입하였다. 중합체 키의 내측을 샌딩하여 피팅의 보어 내로 돌출하는 임의의 중합체를 제거하였다.

[0078] 외경이 15.7 mm(0.62 인치)인 구리 파이프 2개를 일 단부로부터 23 mm(0.9 인치)에 원주 전체의 주위에 튜브 커터로 스코어링하였다. 이어서 파일을 사용해 이 초기 스코어를 깊이가 약 0.30 mm(0.012 인치)이고 폭이 1.8 mm(0.07 인치)인 키 홈으로 넓혔다. 이어서 파이프들을 구리 커플러의 각각의 단부 내로 삽입하였다. 파이프의 키 홈을 커플러 내의 외측 홈(키 홈)에 인접하게 위치시켰으며, 이때 키는 이들 사이에 위치하였다. 이 조립체를 가열 건으로 45초 동안 가열하였다. 냉각 후에, 파이프들은 커플러 내에 단단히 부착되었으며, 손으로 제거할 수 없었다.

[0079] 파이프 조립체의 단부들을 각각 재순환 수조에 연결하고 구리 파이프 조립체를 통해 물을 펌핑하였다. 물의 온도를 25℃로부터 80℃로 증가시키고, 이어서 80℃에 30분 동안 유지하였다. 파이프 조립체로부터 물이 누출되지 않았다.

[0080] 실시예 3.

[0081] (미국 미네소타주 에덴 프레리 소재의 플라스틱스 인터내셔널(Plastics International)로부터의) 직경이 6 mm (0.25 인치)인 ABS(아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 공중합체)의 30.5 cm(12 인치) 길이의 로드를 140℃ 오븐 내에서 가열하였다. 이어서 로드를 손으로 연신시키고 냉각되게 하여 직경이 3 내지 4 mm(0.12 내지 0.16 인치)로 감소된 긴 로드를 생성하였다. 이 긴 로드를 22.1 mm(0.87 인치) 외경의 구리 파이프 주위에 2회전 코일로 감고, 코일의 단부들을 함께 클램핑하였다. 이어서 이 코일을 코일이 눈에 띄게 연화되고 파이프 주위에 조여질 때까지 가열 건으로 서서히 가열하였다. 냉각 후에, 코일을 파이프 피팅으로부터 제거하였으며, 코일은 코일 형상을 유지하였다. 이어서 이 코일을 약 270도의 호로 절단하여 키를 형성하였다.

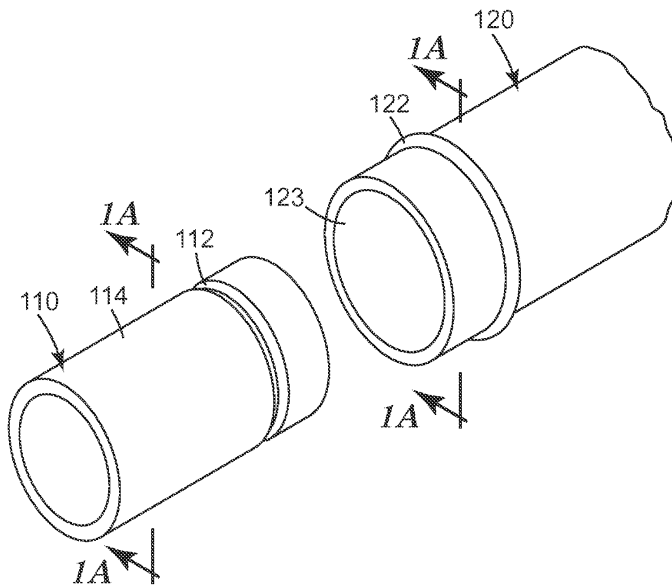
[0082] 이 ABS 형상 기억 중합체 키를 실시예 1에서 사용된 파이프 커플러의 키 홈 내로 삽입하였다. 중합체 키의 내측을 샌딩하여 키 홈의 밖으로 그리고 피팅의 보어 내로 돌출하는 임의의 중합체를 제거하였다. 실시예 1로부터의 파이프를 파이프의 키 홈이 커플러의 키 홈과 정렬되도록 커플러 내로 삽입하고, ABS 형상 기억 중합체 키를 2개의 키 홈 사이에 위치시켰다. 이 조립체를 가열 건으로 90초 동안 가열하였다. 냉각 후에, 파이프는 커플러 내에 단단히 부착되었으며, 손으로 제거할 수 없었다.

[0083] 피팅을 분리하기 위해, 파이프/커플러 조립체를 가열 건으로 60초 동안 재가열하였다. 여전히 고온인 동안, 파이프는 손으로 커플러로부터 성공적으로 잡아당겨졌다. 형상 기억 중합체 키를 제거하였으며, 30% 초과만큼 더 짧은 것으로 확인되었다.

[0084] 본 발명의 다양한 수정 및 변경이 본 발명의 범주 및 사상으로부터 벗어남이 없이 당업자에게 명백하게 될 것이다.

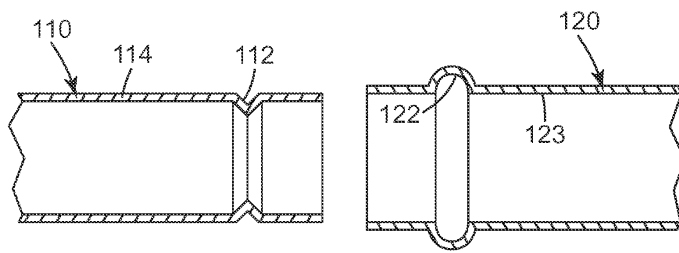
## 도면

### 도면1

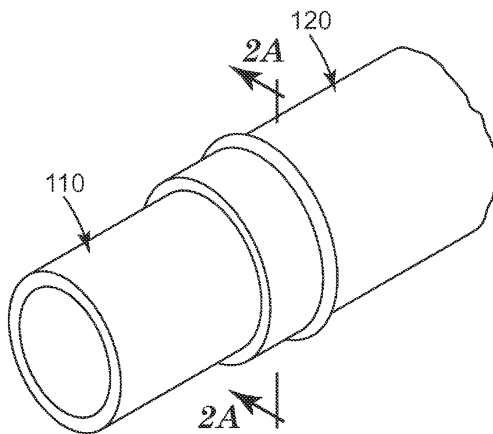




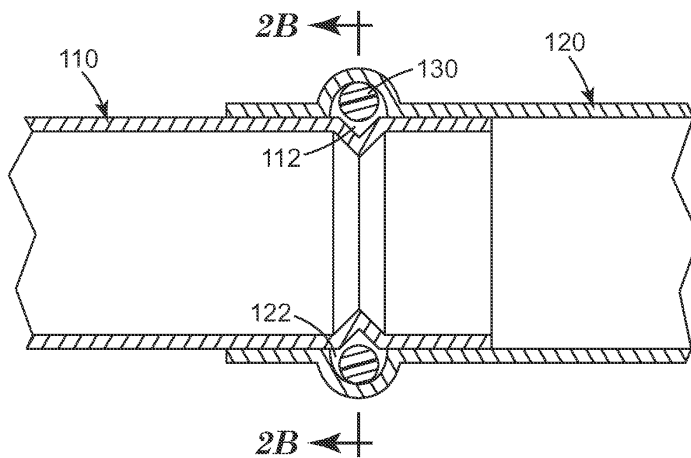
도면1a



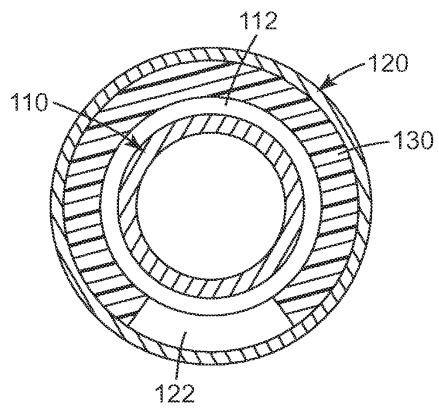
도면2



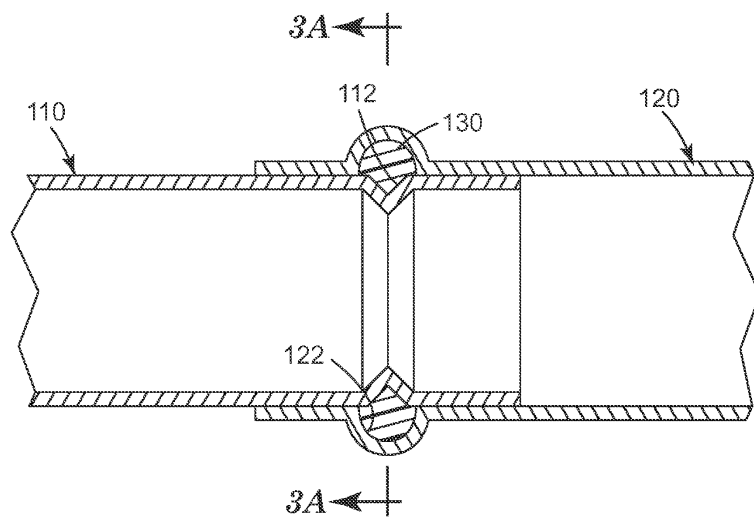
도면2a



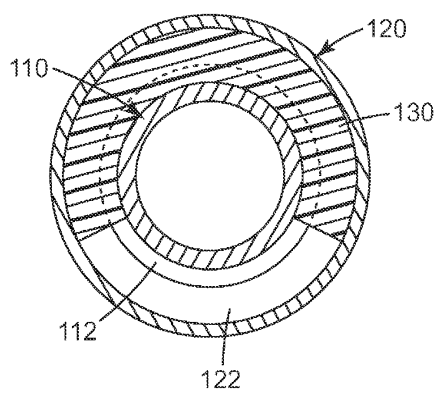
도면2b



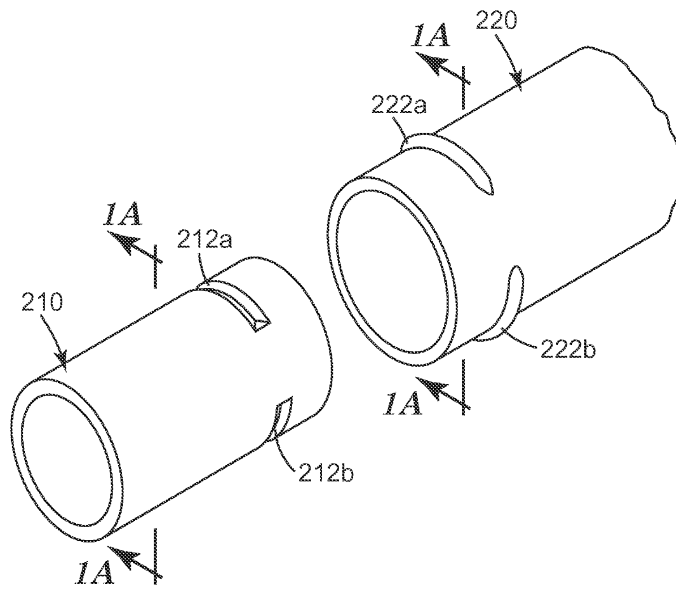
도면3



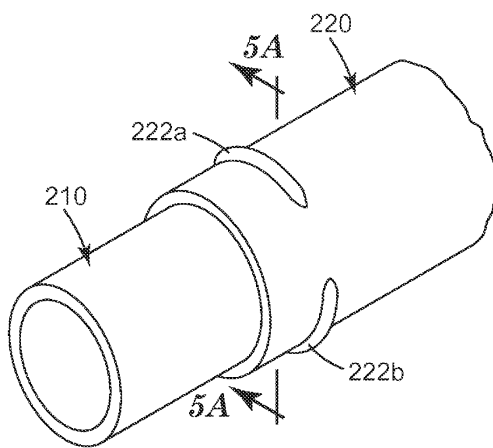
도면3a



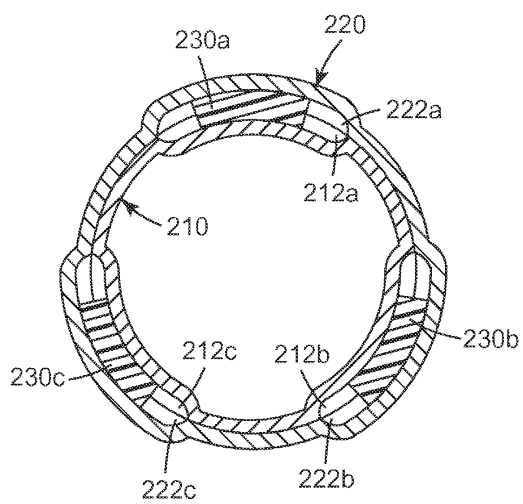
도면4



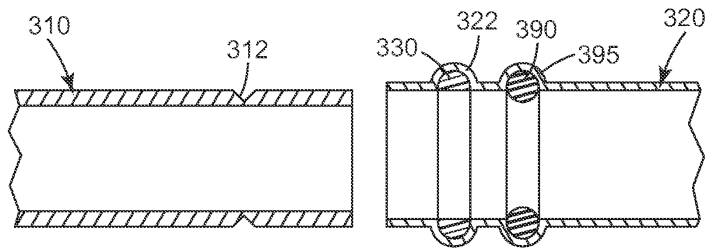
도면5



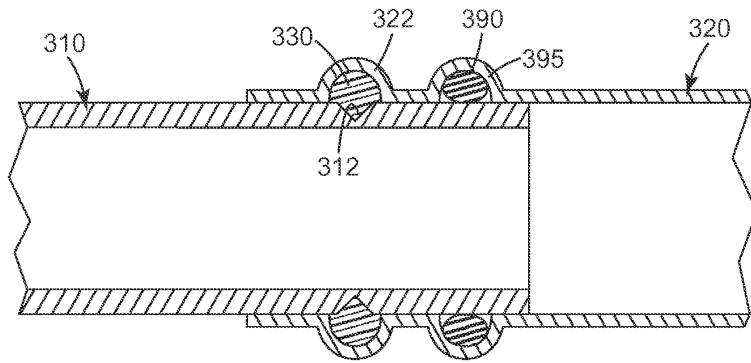
도면5a



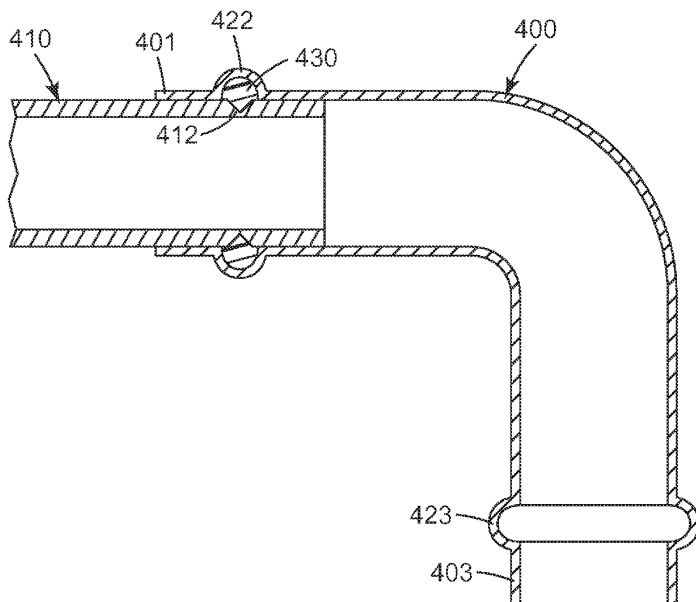
도면6a



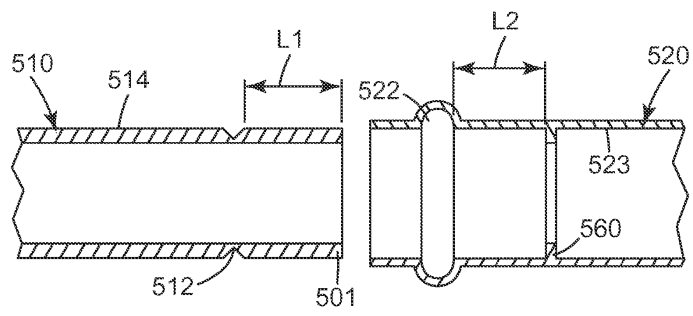
도면6b



도면7



도면8



도면9

