



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월16일

(11) 등록번호 10-2444348

(24) 등록일자 2022년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C10G 9/20 (2006.01) C10G 9/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C10G 9/20 (2013.01)  
C10G 9/007 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-7001488

(22) 출원일자(국제) 2017년06월30일

심사청구일자 2020년06월24일

(85) 번역문제출일자 2019년01월16일

(65) 공개번호 10-2019-0044610

(43) 공개일자 2019년04월30일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/066331

(87) 국제공개번호 WO 2018/002330

국제공개일자 2018년01월04일

(30) 우선권주장  
1611573.5 2016년07월01일 영국(GB)

(56) 선행기술조사문헌

EP00909804 A2

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 23 항

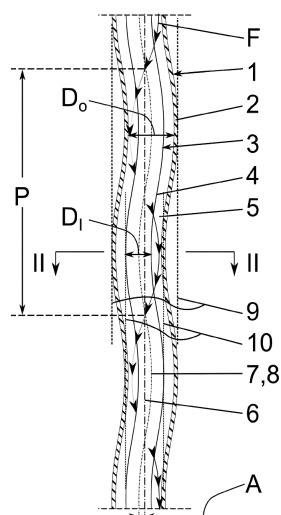
심사관 : 임병서

(54) 발명의 명칭 분해로

### (57) 요약

분해로(cracking furnace)는 유체 흐름을 운반하기 위한 열분해 튜브(1)를 포함하고, 상기 열분해 튜브는 환형 유로(5)를 함께 획정하는 방사상 내측 몸체(3) 및 방사상 외벽(2)을 포함하되, 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 중 적어도 하나는 상기 열분해 튜브의 중 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 가져, 상기 유체가 상기 열분해 튜브를 따라 흐를 때 상기 유체의 회전을 촉진한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
C10G 2400/20 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
US20040054247 A1  
KR100419065 B1\*  
KR1020140056079 A\*  
CN101619949 A  
JP09292191 A  
US20030127361 A1  
US20140127091 A1  
KR1020090013754 A  
KR1020080102327 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유체 흐름을 운반하기 위한 열분해 튜브를 포함하는 분해로(cracking furnace)로서, 상기 열분해 튜브는 환형 유로를 함께 획정하는 방사상 내측 몸체 및 방사상 외벽을 포함하되,

- 1) 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽은 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 가져, 상기 유체가 상기 열분해 튜브를 따라 흐를 때 상기 유체의 회전을 촉진하거나; 또는
- 2) 상기 방사상 외벽은 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 가져, 상기 유체가 상기 열분해 튜브를 따라 흐를 때 상기 유체의 회전을 촉진하거나; 또는
- 3) 상기 방사상 내측 몸체는 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 갖는 본체를 포함하여, 상기 유체가 상기 열분해 튜브를 따라 흐를 때 상기 유체의 회전을 촉진하는, 분해로.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 에틸렌 생성용 분해로이되, 상기 열분해 튜브는 기체 흐름을 운반하기 위한 것인, 분해로.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브는 상기 환형 유로의 방사상 외벽 하류에 의해 획정되는 환형이 아닌 유로를 포함하는, 분해로.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 환형이 아닌 유로의 상기 방사상 외벽은 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 갖는, 분해로.

#### 청구항 5

청구항 3에 있어서, 상기 환형이 아닌 유로의 상기 방사상 외벽은 상기 열분해 튜브의 종 방향에서의 직선 중심선을 갖는, 분해로.

#### 청구항 6

청구항 3에 있어서, 상기 환형 유로의 상기 방사상 외벽은 상기 환형이 아닌 유로의 상기 방사상 외벽의 내경보다 큰 내경을 갖는, 분해로.

#### 청구항 7

청구항 3에 있어서, 상기 열분해 튜브는 상기 분해로에서 연장되는 길이를 갖고 상기 환형 유로는 상기 열분해 튜브의 상기 길이의 50% 이하의 길이를 갖는, 분해로.

#### 청구항 8

청구항 3에 있어서, 상기 열분해 튜브는 각각 함께 각각의 환형 유로를 획정하는 각각의 방사상 내측 몸체 및 각각의 방사상 외벽을 갖는 복수의 분기를 포함하고, 각각의 분기의 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 중 적어도 하나는 상기 유로의 회전을 촉진하도록 구성되며, 상기 분기들은 접합부에서 함께 이어지고 상기 접합부의 하류에 상기 환형이 아닌 유로가 제공되는, 분해로.

#### 청구항 9

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브가 연장되는 상기 분해로의 연소 영역에 적어도 하나의 연소기를 포함하고, 상기 열분해 튜브는 상기 연소 영역에서 떠나 상기 분해로 하류로 연장되는, 분해로.

#### 청구항 10

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브는 주입구로부터 그것으로 하향으로 연장되는, 분해로.

#### 청구항 11

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 내측 몸체는 중공인, 분해로.

#### 청구항 12

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 양자는 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 각각의 중심선들을 갖는, 분해로.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 중심선들이 일치하는, 분해로.

#### 청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 열분해 튜브의 상기 종 방향에 수직하게 측정되는 상기 환형 유로의 상기 폭은 방사상 외측 튜브의 직경의 25% 이하인, 분해로.

#### 청구항 15

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브의 상기 종 방향에 수직하게 측정되는 상기 환형 유로의 상기 튜브의 원주 방향에서의 상기 폭이 달라지는, 분해로.

#### 청구항 16

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 방사상 내측 몸체는 직선 중심선을 갖고 상기 방사상 외벽은 나선형으로 연장되는 중심선을 갖는, 분해로.

#### 청구항 17

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 방사상 내측 몸체는 나선형으로 연장되는 중심선을 갖고 상기 방사상 외벽은 직선 중심선을 갖는, 분해로.

#### 청구항 18

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브의 상기 종 방향에 수직하게 측정되는 상기 환형 유로의 최대 폭은 방사상 외측 튜브의 직경의 절반 이하인, 분해로.

#### 청구항 19

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 내측 몸체를 상기 열분해 튜브에 지지하기 위해 종 방향으로 이격되는 지지부들이 제공되고, 상기 지지부들 중 하나가 상기 방사상 외벽 및 상기 내측 몸체에 고정되며, 상기 지지부들 중 다른 하나가 상기 방사상 외벽에 고정되고 상기 내측 몸체의 방사상으로 바깥쪽으로 위치되나 그것에 고정되지는 않는 적어도 하나의 지지 부재를 포함하는, 분해로.

#### 청구항 20

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 열분해 튜브는 상기 분해로를 통해 이중 유로를 제공하고 제1 유로에 상류 부분을 그리고 제2 유로에 하류 부분을 포함하며, 상기 하류 부분은 적어도 어느 정도 상기 분해로의 연소기에 대한 상기 상류 부분의 영향 아래 있는, 분해로.

#### 청구항 21

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 방사상 내측 몸체 및/또는 상기 방사상 외벽은 상기 환형 유로로 돌출된 적어도 하나의 나선형 돌기를 갖는, 분해로.

#### 청구항 22

탄화수소 공급원료를 분해하여 분해 생성물들을 생성하기 위한 방법으로서, 상기 탄화수소 공급원료를 청구항 1 또는 2에 있어서의 분해로의 열분해 튜브로 공급하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 23

청구항 22에 있어서, 에틸렌 프로필렌 및 부타디엔 중 적어도 하나를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 기체 또는 액체와 같은 유체 흐름을 운반하기 위한 열분해 튜브를 포함하는 분해로(cracking furnace)에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 에틸렌 분해로 연소기들은 공정 가스로서 탄화수소 공급 원료의 흐름을 운반하면서 적어도 하나의 열분해 튜브가 통과하는 연소실에 제공된다. 분해로들에서는 탄화수소 공급 원료가 가능한 빨리 에틸렌, 프로필렌 및 부타디엔과 같은 원하는 생성물들로 전환되는 것이 바람직하다. 가능한 가장 높은 온도 및 가능한 한 낮은 탄화수소 분압에서의 열분해 튜브에서의 낮은 체류 시간은 유리한 생성물들에 대한 선택성을 결정하는 주요 매개 변수들이다.

[0003] 분해로들에서 열분해 튜브의 내면은 코크스 형성의 대상이 되고, 열분해 튜브 가동 종료 조건에 도달되면 일정한 간격을 두고 디-코킹될 필요가 있다. 가동 종료 조건은 열분해 튜브의 내면상의 코크스 축적의 정도에 의존적이고, 열분해 튜브의 길이에 대한 최대 허용 가능한 압력 강하 또는 최대 허용된 열분해 튜브 금속 온도에 의해 제한될 수 있다. 압력 강하 및 열분해 튜브 금속 온도 양자는 열분해 튜브의 내면상에 이러한 코크스가 침착됨에 따라 증가된다. 과도한 열분해 튜브 금속 온도는 열분해 튜브들의 야금 한계에 가까운 작동으로 인해 크리프 및 침탄이 발생하기 때문에 바람직하지 않다.

[0004] 코크스 형성 속도는 공급 원료 전환율 및 코크스가 형성되는 열분해 튜브의 내면 온도에 의존적이다. 공급 원료 전환율이 높고 내면의 온도가 낮을수록, 코크스 형성율은 낮아진다.

[0005] 튜브 내부에 원통형 몸체를 제공함으로써 열분해 튜브로부터 튜브를 따라 흐르는 유체로의 전체 열 전달을 증가시키는 것이 WO 2005/068926에 공지되어 있다. 이러한 몸체는 주변 튜브로부터 복사를 받아 그것을 몸체 주변 유체로 전달한다. 이러한 열분해 튜브에서의 흐름은 주로 튜브 길이를 따르는 축 방향이다.

[0006] 튜브의 내면에 얇은 층을 이루는 층의 두께를 감소시키는 소용돌이 흐름을 촉진시키고 내벽으로부터 튜브의 중심 영역으로의 물질 전달을 촉진시키는 나선형 기하학적 구조를 가짐으로써, 직선 튜브와 비교하여 벽에서 떠나서 대류 열 전달을 증가시키는 열분해 튜브를 제공하는 것이 WO 2006/032877 또는 WO 2010/032024에 공지되어 있다. 이러한 설계는 추가적인 압력 강하와 관련하여 최소한의 손실로 열 전달을 증가시킨다는 추가 이점을 갖는다.

[0007] 분해로를 통해 이중 유로를 제공하는 열분해 튜브를 갖는 분해로를 제공하는 것이 WO2005/075607에 공지되어 있다. 두 개의 상류 부분이 있고 그 다음 두 개의 상류 부분이 공통된 하류 부분에 공급됨에 따라 흐름 방향이 역전된다.

#### 발명의 내용

[0008] 본 발명에 따르면, 유체 흐름을 운반하기 위한 열분해 튜브를 포함하는 분해로(cracking furnace)가 제공되고, 상기 열분해 튜브는 환형 유로를 함께 획정하는 방사상 내측 몸체 및 방사상 외벽을 포함하되, 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 중 적어도 하나는 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 가져, 상기 유체가 상기 열분해 튜브를 따라 흐를 때 상기 유체의 회전을 촉진한다.

[0009] 환형 유로에서의 유로의 회전의 촉진은 유체로의 열 전달을 향상시킨다. 회전 흐름은 유체가 축 방향 속도 성분 외에 접선 방향 및 반경 방향 속도 성분 양자, 소위 소용돌이 흐름을 갖게 할 수 있다. 따라서 환형 유로는 적어도 실시 예의 설명에서, 환형 소용돌이 유로인 것으로 고려될 수 있다. 내측 몸체의 존재는 환형 유로를 생성하는 동시에 표면 대 부피 비율을 증가시키면서, 환형 유로의 소용돌이 흐름이 대류 열 전달을 향상시킨다. 낮

은 체류 시간을 달성하고 수율, 즉 원하는 분해 생성물들의 발생을 향상시키는 것이 가능하다.

- [0010] 환형 소용돌이 유로들의 예들은 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 양자가 상기 열분해 튜브의 중 방향에서 나선형으로 연장되는 각각의 중심선들을 갖는 제1 유형의 열분해 튜브, 방사상 내측 몸체 방사상 내측 몸체는 직선 중심선(또는 한 면으로만 만곡되는 중심선)을 갖고 상기 방사상 외벽은 나선형으로 연장되는 중심선을 갖는 제2 유형, 및 상기 방사상 내측 몸체는 나선형으로 연장되는 중심선을 갖고 상기 방사상 외벽은 직선 중심선(또는 한 면에서만 곡선들)을 갖는 제3 유형을 포함한다.
- [0011] 상기 제3 유형의 실시 예들은 단지 상기 방사상 내측 몸체만 나선형으로 연장되는 중심선으로 형성되면 되고 상기 방사상 외벽은 종래 튜브로 제공될 수 있는 이점을 갖는다. 이는 상대적으로 제조 비용이 저렴하다.
- [0012] 유체는 에틸렌 및/또는 기타 기체 생성물들을 생성하기 위한 분해로의 경우에서와 같이 기체일 수 있거나, 또는 비스브레이커(visbreaker) 분해로의 경우에서와 같이 액체일 수 있다.
- [0013] 열분해 튜브는 대체로 분해로 내의 전체 길이, 예를 들어 분해로 챔버 또는 분해로의 연소실을 통한 그것의 전체 길이를 따르는 환형 유로를 가질 수 있다.
- [0014] 특정 실시 예들에서, 상기 열분해 튜브는 상기 환형 유로의 방사상 외벽 하류에 의해 획정되는 환형이 아닌 유로를 포함한다. 상기 환형 유로를 제공함으로써, 상기 유체에 대해 향상된 열속이 얻어지고 열분해가 더 일찍 시작된다. 그러나, 적어도 에틸렌 또는 기타 기체 생성물들을 제조하기 위한 분해로의 경우, 상기 환형 영역의 폭이 제한되기 때문에, 이는 코크스가 높게 형성되는 영역들에서의 환형이 아닌 유로와 비교하여 코크스 침착을 수용하는 능력을 낮추고 상대 압력 강하를 증가시키게 된다. 그에 따라, 환형 유로의 하류에 환형이 아닌 유로를 제공함으로써, 코크스 형성 증가의 결과로서의 압력 강하 증가는 감소되고, 더 많은 단면적이 코크스 침전 증가를 처리하는데 이용 가능하게 된다. 또한, 이러한 유로 하류에서, 원하는 반응 생성물의 농도가 증가되므로 2차 반응에 의해 코크스 침전물과 함께 부산물을 생성하는 경향이 있다. 이러한 영역에서 생성물의 농도 및 2차 반응의 상응하는 반응 속도가 가능한 한 낮도록 낮은 탄화수소 분압을 갖는 것이 유익하다. 이 모든 것은 환형이 아닌 유로에 의해 달성된다. 따라서, 환형 유로의 하류에 환형이 아닌 유로를 제공함으로써 코크스 층 두께를 수용하고 압력 강하가 원하는 반응 생성물의 수율에 미치는 영향을 최소화하는데 더 많은 단면적을 이용 가능하게 된다.
- [0015] 실시 예들에서, 환형이 아닌 유로에서는, 방사상 외벽 내의 전체 단면적이 흐름에 이용 가능하다. 즉, 방사상 내측 몸체가 없다.
- [0016] 열분해 튜브는 분해로의 열분해 튜브의 길이의 75% 이하만큼 연장되는 환형 통로를 가질 수 있다. 실시 예들에서, 환형 유로는 분해로의 열분해 튜브의 길이의 70% 또는 65% 또는 60% 또는 55% 또는 50% 이하만큼 연장될 수 있다. 분해로의 열분해 튜브의 나머지 부분은 환형이 아닌 통로를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 환형이 아닌 유로는 상기 열분해 튜브의 중 방향에서 나선형으로 연장되는 중심선을 갖는 방사상 외벽에 의해 획정될 수 있다. 대안적으로, 상기 환형이 아닌 유로는 상기 열분해 튜브의 중 방향에서 직선 중심선을 갖는(또는 한 면에서만 만곡되는) 방사상 외벽에 의해 획정될 수 있다.
- [0018] 상기 환형 유로의 상기 방사상 외벽은 상기 환형이 아닌 유로의 상기 방사상 외벽의 내경보다 큰 내경을 가질 수 있다. 이는 흐름이 환형이 아닌 유로로 들어감에 따라 평균 축 방향 유속이 감소하는 경향을 감소시키는 것을 도울 수 있다. 환형 유로의 방사상 외벽과 환형이 아닌 유로의 방사상 외벽 사이에는 전이부가 제공될 수 있다.
- [0019] 상기 열분해 튜브는 각각 함께 각각의 환형 유로를 획정하는 각각의 방사상 내측 몸체 및 각각의 방사상 외벽을 갖는 복수의 분기를 포함할 수 있고, 각각의 분기의 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 중 적어도 하나는 상기 유로의 회전을 촉진하도록 구성되며, 상기 분기들은 접합부에서 함께 이어지고 상기 접합부의 하류에 상기 환형이 아닌 유로가 제공된다.
- [0020] 상기한 배열은 바람직하게는 표면 대 체적 비율을 증가시키고 유체 흐름의 회전을 촉진시켜 특히 소용돌이 흐름을 발생시킴으로써, 복수의 분기가 있는 상기 열분해 튜브의 보다 상류 부분에서의 열 전달을 향상시킬 수 있다. 더 하류에서, 압력 강하는 환형이 아닌 유로를 제공함으로써 최소화될 수 있다.
- [0021] 두 개의 분기가 있을 수 있고 그 접합부는 Y-접합일 수 있다.
- [0022] 상기 열분해 튜브가 분기들을 포함하는 실시 예들에서, 상기 분기들 중 적어도 하나의 상기 환형 유로의 길이는

상기 접합부의 하류로 연장되는 상기 열분해 튜브의 길이와 그러한 분기의 길이를 더한 길이의 75% 또는 70% 또는 65% 또는 60% 또는 55% 또는 50% 이하일 수 있다.

- [0023] 상기 열분해 튜브는 주입구로부터 그것으로 하향으로 연장될 수 있다. 그에 따라 상기 열분해 튜브를 따르는 상기 유체의 흐름이 아래 방향일 수 있다. 상기 열분해 튜브의 상단에 상기 주입구가 있음에 따라, 어떤 코크스 파편도 주입구를 막지 않고 디-코킹하는 동안 빠르게 연소될 수 있는 위치에 있게 될 수 있다. 이는 튜브 통과 횟수와는 관계가 없다(아래에서 더 논의됨).
- [0024] 상기 열분해 튜브는 상기 분해로의 챔버를 한 번 통과할 수 있다. 예를 들어, 챔버의 일단에는 주입구를 그리고 타단에는 출구를 가질 수 있다. 그러한 배열은 상기 체류 시간을 상당히 감소시킨다. 상기 열분해 튜브가 상기 주입구로부터 아래로 연장되는 일부 단일 통과 실시 예에서, 이에 의해 상기 열분해 튜브를 따르는 상기 유체 흐름의 상기 통로는 아래 방향이다. 이것은 코크스 파편과 관련하여 위에서 논의된 이점들을 갖는다.
- [0025] 상기 열분해 튜브는 상기 분해로의 챔버를 두 번 통과할 수 있다, 즉 이중 통과 열분해 튜브. 이러한 실시 예들에서, 각각의 통로들은 U-벤드에 의해 이어질 수 있다. 이러한 배열은 나프타 및 가스유와 같은 액체 공급원료를 분해하는 것보다 더 긴 체류 시간을 필요로 하는 에탄 및 프로판과 같은 기체 공급원료를 분해하는 데 보다 흥미로울 수 있다. 예를 들어, 상기 열분해 튜브는 챔버의 상측 영역에 주입구 및 유출구를 가질 수 있으며, 상기 유체 흐름은 먼저 제1 통로에서 아래쪽 그 다음 제2 통로에서 위쪽이다.
- [0026] 단일 통로 배열에서, 예를 들어 상부에서 하부로의 하향 흐름 배열에서, 환형 유로의 하류에 환형이 아닌 유로가 있을 수 있다. 이중 통로 배열에서, 제1 통로는 환형 유로를 포함할 수 있으며, 제2 유로는 환형이 아닌 유로를 포함한다.
- [0027] 상기 열분해 튜브가 상기 분해로를 통해 이중 통로를 제공하는 실시 예들에서, 상기 열분해 튜브는 제1 유로에 상류 부분을 그리고 제2 유로에 하류 부분을 포함할 수 있고, 상기 하류 부분은 적어도 어느 정도 상기 분해로의 연소기에 대한 상기 상류 부분의 영향 아래 있을 수 있다. 따라서, 상류 부분이 하류 부분보다 더 많은 복사열에 노출될 수 있어, 하류 부분의 외측상에 수용되는 열이 보다 균일해지는 이점이 있다. 이는 이러한 하류 부분에서 열분해 튜브 벽의 피크 온도를 감소시킬 수 있고 그로 인해 피크 열분해 튜브 벽 온도가 야금 한도에 근접하는 경향을 감소시킬 수 있다. 이는 디-코킹 절차들 사이에서 분해로가 가동될 수 있는 시간 기간을 연장시킬 수 있다.
- [0028] 환형 유로 분기들이 이어지는 실시 예들에서, 그것들은 흐름의 방향이 대체로 동일하게, 예를 들어 흐름의 하향 방향으로 유지될 수 있다. 따라서, 단일 통로 배열에서, 각각이 환상 유로를 획정하는 두 개의 분기가 Y-접합부에서 이어질 수 있고 그 다음 그 흐름이 환형이 아닌 유로 내에서 대체로 동일한 방향, 예를 들어 하향으로 지속될 수 있다.
- [0029] 대안적인 배열들에서, 복수의 분기에서의 유체 흐름은 대체로 평행하고 동일한 방향, 예를 들어 하향일 수 있고, 분기들이 이어지는 접합부의 환형이 아닌 유로 하류에서의 유체 흐름 방향은 반대 방향, 예를 들어 상향일 수 있다. 그에 따라 접합부 후에 U-벤드가 제공될 수 있거나, 또는 각각의 분기당 하나씩, 복수의 U-벤드가 제공될 수 있으며, 접합부는 U-벤드들의 하류에 제공된다. 어느 경우든 환형이 아닌 유로가 적어도 어느 정도 분해로의 연소기에 대한 상류 분기들 중 적어도 하나의 영향 아래 있을 수 있다. 따라서, 환형 유로들을 갖는 분기들이 하류의 환형이 아닌 유로보다 더 많은 복사열에 노출될 수 있어 하류 부분의 외측상에 수용되는 열이 보다 균일해지는 이점이 있다. 전술한 바와 같이, 이는 이러한 하류 부분에서 열분해 튜브 벽의 피크 온도를 감소시킬 수 있고 그로 인해 피크 열분해 튜브 벽 온도가 야금 한도에 근접하는 경향을 감소시킴으로써, 디-코킹 절차들 간에 분해로가 가동될 수 있는 시간 기간을 연장시킬 수 있다.
- [0030] 열이 분해로에 제공되는 방식에 대한 몇 가지 옵션이 있다. 분해로 챔버의 상측 영역 또는 분해로 챔버의 하부 영역 또는 분해로 챔버의 상부와 하부 사이의 중간 영역(즉 측부 연소)에 적어도 하나의 연소기가 제공될 수 있거나, 앞서 말한 것들의 임의의 조합이 있을 수 있다. 단독 상부 연소의 경우, 연도 가스 또는 배기 가스는 아래로 흐를 수 있다. 상부 및 측부 조합 연소의 경우, 연도 가스는 아래로 흐를 수 있다. 단독 측부 연소의 경우, 연도 가스는 아래로 또는 위로 흐를 수 있다. 단독 하부 연소의 경우, 연도 가스는 위로 흐를 수 있다. 하부 및 측부 조합 연소의 경우, 연도 가스는 위로 흐를 수 있다.
- [0031] 특정 실시 예들에서, 상기 분해로는 상기 열분해 튜브가 연장되는 상기 분해로의 연소 영역에 적어도 하나의 연소기를 포함하고, 상기 열분해 튜브는 상기 연소 영역에서 떠나 상기 분해로 하류로 연장된다. 상부 연소 분해로의 경우, 상기 열분해 튜브는 상기 분해 하류로 그리고 상기 연소 영역에서 떠나 아래로 연장될 수 있다.



- [0032] 열분해 튜브의 상류 부분에 대한 열속을 최대화함으로써, 모든 코크스가 튜브 내면에 걸쳐 보다 균등하게 분포되고, 튜브 재료는 최대한의 잠재력을 발휘하며 내측 몸체가 보다 효과적으로 사용된다. 유체가 빠져 나올 때 보다 낮은 온도에서 열분해 튜브로 들어가기 때문에, 열분해 튜브의 상류 부분에 연소 영역을 제공함으로써, 튜브 표면 최대 온도까지 더 많은 마진을 이용 가능하여, 더 높은 열 유속을 가능하게 한다. 또한, 환형 유로가 열분해 튜브의 상류 부분에 제공되면, 적어도 하나의 연소기에 의해 외측 튜브 온도가 상승될 때, 방사상 외벽으로부터 내측 몸체로의 복사 열 전달이 증가된다. 이는 열분해가 시작되는 지점으로 유체 온도의 진행을 향상시키고, 열분해 반응 전환율을 상승시키며, 반응 온도 수준을 증가시켜 수율 슬레이트, 즉 원하는 반응 생성물의 배출 유체의 농도를 향상시킨다.
- [0033] 상기 열분해 튜브는 주입구로부터 그것으로 하향으로 연장될 수 있다. 예를 들어, 열분해 튜브의 주입구는 분해로 챔버의 상부에 있을 수 있고 유출구는 분해로 챔버의 하부에 있을 수 있다. 임의의 코크스 파편이 주입구에서 떨어져 튜브 아래로 떨어질 수 있으므로 주입구를 막지 않고 디-코킹하는 동안 빠르게 연소될 수 있는 위치에 있게 될 수 있다.
- [0034] 열분해 튜브 내의 유체의 하향 흐름의 경우, 상부 및/또는 측부 연소가 유익하다.
- [0035] 유체 흐름의 회전의 촉진은 상기 환형 유로로 돌출된 나선형 핀(helical fin)과 같은 적어도 하나의 나선형 돌기를 갖는 상기 방사상 내측 몸체 및/또는 상기 방사상 외벽에 의해 더 향상될 수 있다. 예를 들어, 방사상 내측 몸체는 유체 흐름의 회전을 촉진시키기 위해 적어도 하나의 나선형 돌기가 제공되는 본체를 가질 수 있다.
- [0036] 환형 통로는 내측 몸체 둘레로 대체로 연속적이고 끊기지 않고 연장될 수 있다. 따라서 환형 통로가 내측 몸체 둘레로 원주 방향으로 연장됨에 따라 환형 통로를 방해하는 배플 또는 핀이 존재하지 않을 수 있다.
- [0037] 상기 방사상 내측 몸체 및 상기 방사상 외벽 양자가 상기 열분해 튜브의 종 방향에서 나선형으로 연장되는 각각의 중심선들을 갖는 실시 예들에서, 나선형 회전축들 및 나선형 중심선들은 일치할 수 있다. 따라서, 나선형 중심선들은 동일한 피치 및 진폭을 가질 수 있고 위상이 동일할 수 있다.
- [0038] 그러한 배열들에서, 열분해 튜브의 종 방향에 수직하게 측정되는 환상 유동 통로의 폭은 튜브 둘레의 상이한 원주 방향 지점들에서 동일할 것이다. 이러한 폭은 바람직하게는 방사상 외벽의 직경의 50% 이하, 보다 바람직하게는 방사상 외벽의 직경의 40% 또는 35% 또는 30% 또는 25% 이하이다. 내측 몸체와 방사상 외벽 사이의 갭이 상대적으로 작으면 유익하다. 이는 소정의 유속에 대한 평균 유속이 더 작은 방사상 폭으로 증가되고, 그에 따라 열 전달이 증가되기 때문에, 방사상 외벽의 온도를 감소시킬 수 있다. 그러나, 압력 강하는 증가된다. 그 다음 튜브는 튜브 금속 온도보다는 압력 강하에 의해 제한되도록 설계될 수 있다. 튜브 금속 온도를 감소시킴으로써, 크리프 및 침탄 속도가 감소한다.
- [0039] 상기 열분해 튜브의 상기 종 방향에 수직하게 측정되는 상기 환형 유로의 상기 튜브의 원주 방향에서의 상기 폭이 달라질 수 있다. 폭은 내측 몸체의 제1 측부상의 최소치로부터 제1 측부와 직경 방향으로 반대인 제2 측부상의 최대치까지 원주 방향으로 증가할 수 있다. 폭은 제1 측부로부터 제2 측부로 점진적으로 원주 방향으로 증가할 수 있다. 동일한 원주 방향으로 계속해서, 폭은 제2 측부에서 제1 측부로 점진적으로 감소할 수 있다.
- [0040] 열 분해 튜브의 종 방향에 수직하게 측정되는 환형 유로의 가변 폭은 예를 들어, 제2 유형의 열분해 튜브에 대해 발생하며, 여기서 내측 몸체는 직선 중심선(또는 일면에서 만곡되는 중심선)을 갖고 방사상 외벽은 나선형 중심선을 갖는다. 그것은 또한 내측 몸체가 나선형 중심선을 갖고 방사상 외벽이 직선(또는 일면에서 만곡되는) 중심선을 갖는 제3 유형의 열분해 튜브에 대해서도 발생할 것이다.
- [0041] 특정 실시 예들에서, 상기 열분해 튜브의 상기 종 방향에 수직하게 측정되는 상기 환형 유로의 최대 폭은 상기 방사상 외측 튜브의 직경 이하이고, 그러한 직경의 절반 이하일 수 있다.
- [0042] 내측 몸체가 상대적으로 높은 방사율을 가지면 바람직하다. 사실상, 이는 빛나는 표면보다는 흐릿한 표면을 가지고 있음을 의미한다. 그러한 흐릿한 표면은 코크스 층이 표면상에 형성되는 곳에서 얻어진다.
- [0043] 상기 내측 몸체를 상기 열분해 튜브에 지지하기 위해 적어도 하나의 지지부가 제공될 수 있다. 종 방향으로 이격되는 지지부들이 제공될 수 있다. 상기한 제1 지지부는 상기 방사상 외벽 및 상기 내측 몸체에 고정될 수 있고, 상기한 제2 지지부가 상기 방사상 외벽에 고정되고 상기 내측 몸체의 방사상으로 바깥쪽으로 위치되나 그것에 고정되지는 않는 적어도 하나의 지지 부재를 포함할 수 있다. 제1 지지부는 상기 내측 몸체의 중량을 지탱할 수 있다. 제2 지지부는 방사상 외벽과 내측 몸체 사이의 상대적인 움직임을 허용하면서 내측 몸체를 위치시키는 것을 도울 수 있다. 이는 차동 열 이동 및 차동 크리프의 경우에 유용하다. 제2 지지부의 지지 부재는 내측 몸



체의 방사상 바깥쪽으로 위치되지만 그것에 고정되지는 않는 링일 수 있다. 지지 부재는 외벽으로부터 지지 부재까지 방사상 안쪽으로 돌출하는 방사상 리브들에 의해 방사상 외벽에 고정될 수 있다.

[0044] 내측 몸체는 방사상 외벽에 닿는 것이 방지될 수 있다. 그것은 환형 유로 및 비교적 균일한 열 분배를 위한 일정한 형상을 제공하기 위해 대체로 중심 위치에 유지될 수 있다.

[0045] 내측 몸체는 고체 또는 중공일 수 있다.

[0046] 일부 실시예에서, 내측 몸체는 중공체이다. 이는 고체보다 중량이 더 가볍다. 또한, 중공체 내부의 기체는 내측 몸체의 일 부분으로부터 다른 부분으로의 열 전달, 예를 들어 더 낮은 더 고온의 하류 부분으로부터 더 높은 더 저온의 상류 부분으로의 수직 열 전달을 보조할 수 있다.

[0047] 다른 실시 예들에서, 예를 들어 더 작은 직경의 내측 몸체들에 대해, 내측 몸체는 고체일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0048] 이제 본 발명의 특정 바람직한 실시 예들이 다음 첨부 도면들을 참조하여 예로서 설명될 것이다:

도 1은 제1 유형의 열분해 튜브의 일부분의 개략적인 종단면도이다;

도 2는 도 1의 II-II 선들 상에서 취해진 도 1의 열분해 튜브를 거치는 횡단면도이다;

도 3은 제2 유형의 열분해 튜브의 일부분의 개략적인 종단면도이다;

도 4는 도 3의 IV-IV 선들 상에서 취해진 도 3의 열분해 튜브를 거치는 횡단면도이다;

도 5는 제3 유형의 열분해 튜브의 일부분의 개략적인 종단면도이다;

도 6은 도 5의 VI-VI 선들 상에서 취해진 도 5의 열분해 튜브를 거치는 횡단면도이다;

도 7은 제1 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하는 개략적인 종단면도이다;

도 8은 제2 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하는 개략적인 종단면도이다;

도 9는 도 8의 IX-IX 선들 상에서 취해진 횡단면도이다;

도 10은 도 8의 X-X 선들 상에서 취해진 횡단면도이다;

도 11은 제3 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하는 개략적인 종단면도이다;

도 12는 제1 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하고 핀(fin)을 포함하도록 변형된 개략적인 종단면도이다;

도 13은 제2 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하고 핀을 포함하도록 변형된 개략적인 종단면도이다;

도 14는 제3 유형의 열분해 튜브의 전체 길이를 도시하고 핀을 포함하도록 변형된 개략적인 종단면도이다;

도 15는 열분해 튜브가 분해로의 길이를 두 번 통과하는 이중 통과 배열에 사용하기 위한, 제2 유형의 열분해 튜브의 개략적인 종단면도이다;

도 16은 열분해 튜브가 분해로의 길이를 두 번 통과하는 이중 통과 배열에 사용하기 위한, 제2 유형의 열분해 튜브의 변종의 개략적인 종단면도이다;

도 17 내지 도 23은 열분해 튜브들을 갖는 분해로의 수직 평면에서의 개략적인 단면도들이다; 그리고

도 24 내지 도 29는 열분해 튜브의 추가 변종들을 통한 개략적인 종단면도들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 도 1 및 도 2를 참조하면, 열분해 튜브(1)는 내측 몸체(3)를 원주 방향으로 연장시키는 방식으로 둘러싸는 방사상 관형 외벽(2)을 포함한다. 내측 몸체(3)는 중공체이고 열분해 튜브에 방사상 내벽(4)을 제공하며, 이에 의해 방사상 내벽 및 방사상 외벽이 함께 유체(이러한 그리고 다른 예시되고 설명된 실시 예들에서 기체) 흐름(F)을 위한 환형 유로(5)를 형성한다. 실시 예들은 에틸렌 제조용 분해로들, 즉 에틸렌 분해로들에 적용 가능하다.

[0050] 열분해 튜브(1)는 본 실시 예에서 직선이고, 또한 나선형 회전축으로 지칭될 수 있는 중심 종축(6)을 갖는다. 중심 종축(6)은 종 방향에서 볼 때 열분해 튜브의 "풋프린트(footprint)"를 포함하는 가상 원통형 포락선(9)의 중심축을 따라 놓인다. 방사상 관형 외벽(2)은 중심 종축(6)을 중심으로 나선형 경로를 따르는 중심선(7)을 갖

는다. 내측 몸체(3)는 중심 종축(6)을 중심으로 나선형 경로를 따르는 중심선(8)을 갖는다. 본 실시 예에서, 방사상 관형 외벽(2)의 나선형 중심선(7)과 내측 몸체(3)의 나선형 중심선(8)은 일치한다, 즉 중심선들은 동일한 피치 및 진폭을 갖고 서로 위상이 동일하다. 유로(5)는 나선형으로 휘어진 환형 유로이다.

- [0051] 내측 몸체(3)는 종 방향에서 볼 때 내측 몸체의 "풋프린트"를 포함하는 가상 원통형 포락선(10)에 포함된다. 중심 종축(6)은 가상 원통형 포락선(10)의 중심축을 따라 놓인다.
- [0052] 나선형 중심선(7, 8)은 진폭(A) 및 피치(P)를 갖는다. 방사상 관형 외벽(2)의 내경은  $D_0$ 로 도시되고, 내측 몸체(3)의 외경은  $D_1$ 로 도시된다. 본 명세서에서, 나선형 선의 상대 진폭은 나선형 선의 진폭(A)을 방사상 관형 외벽의 내경( $D_0$ )으로 나눈 값, 즉  $A/D_0$ 인 것으로 고려된다. 상대 피치는 피치(P)를 방사상 관형 외벽의 내경( $D_0$ )으로 나눈 값, 즉  $P/D_0$ 인 것으로 고려된다.
- [0053] 환형 유로(5)는 중심 종축(6)에 대한 방사 방향으로 폭(W)을 갖는다. 이러한 제1 유형의 열분해 튜브에서, 폭(W)은 유로(5)의 환형 둘레에서 일정하다.
- [0054] 도 3 및 도 4는 제2 유형의 열분해 튜브(1)를 도시한다. 도 1 및 도 2에서 사용된 것들에 상응하는 참조 부호들이 적절한 경우 사용된다. 제2 유형은 내측 몸체(3)가 나선형 구성이 아닌 원통형인 점에서 제1 유형과 상이하다. 내측 몸체(3)는 중공체이고 열분해 튜브에 방사상 내벽(4)을 제공하며, 이에 의해 방사상 내벽 및 방사상 외벽이 함께 기체 흐름(F)을 위한 환형 유로(5)를 획정한다.
- [0055] 원통형 내측 몸체(3)의 중심선(8)은 종 방향에서 볼 때 방사상 관형 외벽(2)을 가상 원통형 포락선(9)의 중심축을 따라 놓이는 열분해 튜브의 중심 종축(6) 상에 놓인다. 그에 따라, 이러한 제2 유형의 열분해 튜브의 경우, 내측 몸체(3)는 직선 중심선(8)을 갖는다. 이 경우, 종 방향에서 볼 때 내측 몸체(3)의 "풋프린트"를 포함하는 가상 원통형 포락선(10)은 내측 몸체 자체의 원통형 형상에 상응한다.
- [0056] 방사상 관형 외벽(2)은 나선형인 중심선(7)을 갖고, 이러한 중심선은 진폭(A) 및 피치(P)를 갖는다.
- [0057] 그 효과는 환형 유로(5)가 나선형 구성을 갖는다는 것이다. 길이 방향을 가로지르는 평면에서의 유로를 도시하는 도 4에서 보이는 바와 같이, 유로(5)는 횡단면에서의 최소 폭( $W_{min}$ ) 및 횡단면에서의 최대 폭( $W_{max}$ )을 갖는다. 횡단면에서 보았을 때의 최소 폭( $W_{min}$ ) 및 최대 폭( $W_{max}$ ) 양자의 위치들은 열분해 튜브의 길이를 따라, 즉 종 방향에 대해 회전한다. 그에 따라 유로(5)는 나선형으로 휘어진 환형 유로이다.
- [0058] 방사상 관형 외벽(2)의 내경은  $D_0$ 로 도시되고, 내측 몸체(3)의 외경은  $D_1$ 로 도시된다.
- [0059] 도 5 및 도 6은 제3 유형의 열분해 튜브(1)를 도시한다. 도 1 및 도 2에서 사용된 것들에 상응하는 참조 부호들이 적절한 경우 도 5 및 도 6에서 사용된다. 제3 유형은 방사상 관형 외벽(2)이 나선형 구성이 아닌 원통형인 점에서 제1 유형과 상이하다. 내측 몸체(3)는 중공체이고 열분해 튜브에 방사상 내벽(4)을 제공하며, 이에 의해 방사상 내벽 및 방사상 외벽이 함께 기체 흐름(F)을 위한 환형 유로(5)를 획정한다.
- [0060] 이러한 제3 유형의 열분해 튜브의 중심 종축(6)은 또한 종 방향에서 볼 때 방사상 관형 외벽(2)의 중심선(7)이다. 이 경우, 종 방향에서 볼 때 열분해 튜브의 "풋프린트"를 포함하는 가상 원통형 포락선(9)이 원통형 방사상 관형 외벽(2)에 상응한다.
- [0061] 내측 몸체(3)는 나선형이고 그것의 중심선(8)은 열분해 튜브의 중심 종축(6)을 중심으로 나선형 경로를 따른다. 내측 몸체(3)는 종 방향에서 볼 때 내측 몸체의 "풋프린트"를 포함하는 가상 원통형 포락선(10)에 포함된다. 중심 종축(6)은 가상 원통형 포락선(10)의 중심축을 따라 놓인다.
- [0062] 내측 몸체(3)의 나선형 중심선(8)은 피치(P) 및 진폭(A)을 갖는다.
- [0063] 그에 따라, 이러한 제3 유형의 열분해 튜브의 경우, 방사상 관형 외벽(2)은 직선인 중심선(7)을 갖는 반면, 내측 몸체(3)는 나선형인 중심선(8)을 갖는다. 그 효과는 환형 유로(5)가 나선형 구성을 갖는다는 것이다. 길이 방향을 가로지르는 평면에서의 유로를 도시하는 도 6에서 보이는 바와 같이, 유로(5)는 횡단면에서의 최소 폭( $W_{min}$ ) 및 횡단면에서의 최대 폭( $W_{max}$ )을 갖는다. 횡단면에서 보았을 때의 최소 폭( $W_{min}$ ) 및 최대 폭( $W_{max}$ ) 양자의 위치들은 열분해 튜브의 길이를 따라, 즉 종 방향에 대해 회전한다. 그에 따라 유로(5)는 나선형으로 휘어진 환형 유로이다.

- [0064] 방사상 관형 외벽(2)의 내경은  $D_0$ 로 도시되고, 내측 몸체(3)의 외경은  $D_1$ 로 도시된다.
- [0065] 도 1 내지 도 6은 제1, 제2 및 제3 유형들의 열분해 튜브를 도시한다. 방사상 외벽(2) 및/또는 내측 몸체(3)는 압출 가공에 의해 나선형 중심선을 갖도록 형성될 수 있다. 그러한 경우, 방사상 외벽(2) 및/또는 내측 몸체(3)는 나선 회전축, 즉 중심 종축(6)에 수직한 면에서 원형일 수 있다. 대안적으로, 방사상 외벽(2) 및/또는 내측 몸체(3)는 나선형 중심선을 갖도록 원통형 튜브 또는 바로 형성될 수 있다. 그러한 경우, 방사상 외벽(2) 및/또는 내측 몸체(3)는 나선형 중심선(7 및/또는 8)에 수직한 면에서 원형일 수 있다.
- [0066] 도 7은 제1 유형의 열분해 튜브(1)를 분해로를 거쳐 단일 통로를 제공하기 위한 분해로에 설치될 형태로 도시한다. 열분해 튜브(1)는 방사상 관형 외벽(2) 및 내측 몸체(3)를 갖는 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 형태의 메인 부분을 갖는다. 열분해 튜브가 제1 유형을 가짐에 따라, 방사상 외벽(2) 및 내측 몸체(3) 양자는 나선형 중심선을 갖는다. 열분해 튜브(1)는 상단에 주입구 부분(40)을 갖고 하단에 배출구 부분(42)을 갖는다. 주입구 부분(40) 및 배출구 부분(42) 양자는 원통형이고 각각의 직선 중심선들을 갖는다. 상측 주입구 부분(40)과 환형 흐름 섹션(31) 사이에는 제1 상측 전이 부분(47)이 위치되고, 환형 흐름 섹션(31)과 배출구 부분(42) 사이에는 제1 하측 전이 부분(50)이 배열된다.
- [0067] 제1 상측 전이 부분(47)은 그것의 하단이 열분해 튜브(1)의 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)에 이어진다. 그것은 직선의 중앙 종축을 갖는 상측 주입구 부분(40)으로부터 나선형 중심선(7)을 갖는 방사상 관형 외벽(2)으로의 전이를 제공한다(도 1 참조).
- [0068] 제1 하측 전이 부분(50)의 상단은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)의 하단에 이어진다. 그에 따라 제1 하측 전이 부분(50)은 나선형 중심선(7)을 갖는 방사상 관형 외벽(2)으로부터 직선 중심선을 갖는 배출구 부분(42)으로의 전이를 제공한다.
- [0069] 내측 몸체(3)는 그 상단에 흐름(F)을 제1 상측 전이 부분(47)으로부터 내측 몸체(3)의 외부 및 방사상 관형 외벽(2)의 내부 둘레의 환형 유로(5)로 진입하게 유도하도록 배열되는 오자이브(ogive)(60)를 갖는다. 방사상 관형 외벽(2) 및 내측 몸체(3) 양자는 일치하는 나선형 중심선들을 갖는다.
- [0070] 내측 몸체(3)는 그 하단에 환형 유로를 나갈 때 흐름(F)을 유도하도록 배열되는 제2 오자이브(60)를 갖는다.
- [0071] 내측 몸체(3)를 방사상 관형 외벽(2)의 하단에 유지하기 위한 제1 지지 장치(51)가 제공된다. 유사한 지지 장치(51)가 도 8에 도시된 제2 유형의 열분해 튜브에 제공되며, 도 9 및 도 10에 더 상세하게 보인다. 내측 몸체(3)의 하측 영역에는 지지체(61)가 제공되고 이는 3개의 등간격으로 이격된 방사상 지지 부재(75)로 이루어지며, 이것들은 방사상 관형 외벽(2)과 내측 몸체(3) 사이에서 반경 방향으로 연장된다. 방사상 지지 부재(75)는 열분해 튜브(1)를 통한 흐름(F)의 중단을 최소화하도록 종 방향으로 낮은 프로파일을 갖는다. 지지체(61)의 방사상 지지 부재(75)는 방사상 관형 외벽(2)에 대한 중심 위치에 내측 몸체(3)를 지지한다. 지지체(61)는 내측 몸체(3)의 중량을 지탱한다.
- [0072] 다시 도 7을 참조하면, 내측 몸체(3)의 상단에 내측 몸체(3)를 방사상 관형 외벽(2) 중심에 유지하기 위한 제2 지지 장치(52)가 제공된다. 제2 지지 장치는 스페이서 링(미도시)의 방사상 내측에 고정되는 공간 내로 상향 돌출되는 가이드 핀(guide pin)(68)을 포함한다. 스페이서 링은 방사상 관형 외벽(2)으로부터 스페이서 링까지 방사상 내측으로 돌출함으로써 그것을 정 위치에 유지하는 3개의 등간격으로 이격된 방사상 지지 부재(67)에 의해 지지된다. 가이드 핀(68)은 스페이서 링에 의해 느슨하게 유지되어 방사상 외측 관형 벽(2) 내부의 대체로 중심 위치에 유지되게 된다. 방사상 관형 외벽(2) 및 내측 몸체(3)의 상대적인 열 팽창은 내측 몸체(3)의 상부에서 가이드 핀(68)에 대한 스페이서 링에 의한 느슨한 지지에 의해 허용된다.
- [0073] 도 8은 분해로에서 단일 통로 열분해 튜브로서 사용하기 위한 제2 유형(도 3 및 도 4에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 도시된 열분해 튜브(1)는 나선형 중심선을 갖는 방사상 관형 외벽(2) 및 직선 중심선을 갖는 내측 몸체(3)를 갖는 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 형태의 메인 부분을 갖는다.
- [0074] 상측 주입구 부분(40)과 환형 흐름 섹션(31) 사이에는 제1 상측 전이 부분(47)이 위치되고, 환형 흐름 섹션(31)과 배출구 부분(42) 사이에는 제1 하측 전이 부분(50)이 배열된다.
- [0075] 제1 상측 전이 부분(47)은 그것의 하단이 열분해 튜브(1)의 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)에 이어진다. 그것은 직선의 중앙 종축을 갖는 상측 주입구 부분(40)으로부터 나선형 중심선(7)을 갖는 방사상 관형 외벽(2)으로의 전이를 제공한다(도 3 참조).

- [0076] 제1 하측 전이 부분(50)의 상단은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)의 하단에 이어진다. 그에 따라 제1 하측 전이 부분(50)은 나선형 중심선(7)을 갖는 방사상 관형 외벽(2)으로부터 직선 중심선을 갖는 배출구 부분(42)으로의 전이를 제공한다.
- [0077] 내측 몸체(3)는 그 상단에 흐름(F)을 제1 상측 전이 부분(47)으로부터 내측 몸체(3)의 외부 및 방사상 관형 외벽(2)의 내부 둘레의 환형 유로(5)로 진입하게 유도하도록 배열되는 오자이브(60)를 갖는다.
- [0078] 내측 몸체(3)는 그 하단에 환형 유로를 나갈 때 흐름(F)을 유도하도록 배열되는 제2 오자이브(60)를 갖는다.
- [0079] 내측 몸체(3)는, 이 경우 나선형이 아닌 직선 중심선을 가지지만, 도 7과 관련하여 설명된 것과 유사한 방식으로 그 하단에서 지지된다. 도 9에 더 상세하게 도시된다. 그에 따라 지지 장치(51)는 내측 몸체(3)의 하측 영역에 제공되는 지지체(61)를 갖는다.
- [0080] 지지체(61)는 방사상 관형 외벽(2)과 내측 몸체(3) 사이에서 반경 방향으로 연장되는 3개의 등간격으로 이격된 방사상 지지 부재(75)로 이루어진다. 도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 방사상 지지 부재(75)는 열분해 튜브(1)를 통한 흐름(F)의 중단을 최소화하도록 중 방향으로 낮은 프로파일을 갖는다. 지지체(61)의 방사상 지지 부재(75)는 방사상 관형 외벽(2)에 대한 중심 위치에 내측 몸체(3)를 지지한다. 지지체(61)는 내측 몸체(3)의 중량을 지탱한다. 원주상으로 인접한 방사상 지지 부재들(75) 사이의 각도( $120^\circ$ )가 도 9에 도시된다.
- [0081] 내측 몸체(3)의 상단에 내측 몸체(3)를 방사상 관형 외벽(2) 중심에 유지하기 위한 제2 지지 장치(52)가 제공된다. 제2 지지 장치(52)는 내측 몸체(3)가 연장되는 그것의 방사상 내측으로 공간을 획정하는 스페이서 링(71)을 포함한다. 스페이서 링(71)은 방사상 관형 외벽(2)으로부터 스페이서 링(71)까지 방사상 내측으로 돌출함으로써 그것을 정 위치에 유지하는 3개의 등간격으로 이격된 방사상 지지 부재(67)에 의해 지지된다. 원주상으로 인접한 방사상 지지 부재들(67) 사이의 각도( $120^\circ$ )가 도 10에 도시된다.
- [0082] 내측 몸체(3)는 스페이서 링(71) 및 내측 몸체의 상부에 의해 느슨하게 유지되어 방사상 외측 관형 벽(2) 내부의 대체로 중심 위치에 유지되게 된다. 방사상 관형 외벽(2) 및 내측 몸체(3)의 상대적인 열 팽창은 그것의 상부에서 내측 몸체(3)에 대한 스페이서 링(71)에 의해 제공되는 느슨한 지지에 의해 허용된다.
- [0083] 도 11은 분해로에서 단일 통로 열분해 튜브로서 사용하기 위한 제3 유형(도 5 및 도 6에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 도시된 열분해 튜브(1)는 직선 중심선을 갖는 방사상 관형 외벽(2) 및 나선형 중심선을 갖는 내측 몸체(3)를 갖는 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 형태의 메인 부분을 갖는다.
- [0084] 상측 주입구 부분(40)과 환형 흐름 섹션(31) 사이에는 제2 상측 전이 부분(48)이 위치되고, 환형 흐름 섹션(31)과 배출구 부분(42) 사이에는 제2 하측 전이 부분(53)이 배열된다.
- [0085] 제2 상측 전이 부분(48)은 그것의 하단이 열분해 튜브(1)의 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)에 이어진다. 그것은 원뿔 형상이고 직선의 중앙 종축 및 직선 중심선(7)을 갖는 방사상 관형 외벽(2)보다 작은 직경을 갖는 상측 주입구 부분(40)으로부터의 전이를 제공한다(도 5 참조).
- [0086] 제2 하측 전이 부분(53)의 상단은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 방사상 관형 외벽(2)의 하단에 이어진다. 제2 하측 전이 부분(53)은 원뿔 형상이고 직선 중심선(7)을 갖고 직선 중심 종축을 갖는 배출구 부분(42)보다 큰 직경을 갖는 방사상 관형 외벽(2)으로부터의 전이는 제공한다.
- [0087] 내측 몸체(3)는 그 상단에 흐름(F)을 제2 상측 전이 부분(48)으로부터 내측 몸체(3)의 외부 및 방사상 관형 외벽(2)의 내부 둘레의 환형 유로(5)로 진입하게 유도하도록 배열되는 오자이브(60)를 갖는다.
- [0088] 내측 몸체(3)는 그 하단에 환형 유로를 나갈 때 흐름(F)을 유도하도록 배열되는 제2 오자이브(60)를 갖는다.
- [0089] 내측 몸체(3)는 그 하단이 도 7과 관련하여 설명된 바와 동일한 제1 지지 장치(51)에 의해 지지된다. 내측 몸체(3)의 상단은 도 7과 관련하여 설명된 바와 동일한 제2 지지 장치(52)에 의해 지지된다.
- [0090] 도 12는 분해로에서 단일 통로 열분해 튜브로서 사용하기 위한 제1 유형(도 1 및 도 2에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 이 경우, 내측 몸체에는 나선형으로 만곡된 종방향 핀(66)이 제공된다. 나선형 핀(66)은 내측 몸체(3)의 나선형 구성과 동일한 손잡이를 갖는 나선형 구성을 갖는다. 내측 몸체(3)의 그 리고 방사상 관형 외벽(2)의 나선형 핀(66)의 위상들은 동상이다.
- [0091] 도 13은 분해로에서 단일 통로 열분해 튜브로서 사용하기 위한 제2 유형(도 3 및 도 4에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 이 경우, 나선형으로 만곡된 종 방향 핀(66)에는 원통형 내측 몸체(3)가 제



공된다. 나선형 핀(66)은 방사상 관형 외벽(2)의 나선형 구성과 동일한 손잡이를 갖는 나선형 구성을 갖는다. 나선형 핀(66)의 그리고 방사상 관형 외벽(2)의 위상들은 동상이다.

- [0092] 도 14는 분해로에서 단일 통로 열분해 튜브로서 사용하기 위한 제3 유형(도 5 및 도 6에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 이 경우, 내측 몸체에는 나선형으로 만곡된 종방향 핀(66)이 제공된다. 나선형 핀(66)은 내측 몸체(3)의 나선형 구성과 동일한 손잡이를 갖는 나선형 구성을 갖는다. 나선형 핀(66)은 내측 몸체(3)와 동상인 나선형 구성을 갖는다.
- [0093] 도 15는 열분해 튜브가 분해로의 길이를 통해 두 번 통과하는 이중 통로 배열에서 사용하기 위한 제2 유형(도 3 및 도 4에 도시된 바와 같은)에 기초한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 열분해 튜브는 대체로 U자형이고, 그 상류 부분(UP), 즉 "U"의 상류 림(limb)에 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)을, 그리고 그 하류 부분(DP), 즉 "U"의 하류 림에 소용돌이 흐름 섹션(35)을 갖는다.
- [0094] 본 명세서에 개시된 다른 모든 소용돌이 흐름 섹션(35)과 마찬가지로, 소용돌이 흐름 섹션(31)은 내부 몸체를 갖지 않고 그 내부에 획정되는 통로는 비-환형이다. 통로는 대체로 원형 단면 형상을 갖는다.
- [0095] 기체 흐름(F)은 직선 주입구 부분(40)을 통해 들어가고 직선 유출구 부분(42)을 통해 빠져 나간다. 제1 상측 전이 부분(47)은 주입구 부분(40) 아래, 주입구 부분(40)과 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 사이에 배열된다. 제3 상측 전이 부분(49)은 유출구 부분(42) 아래, 소용돌이 흐름 섹션(35)과 유출구 부분(42) 사이에 배열된다. 제3 상측 전이 부분(49)은 나선형 중심선을 갖는 소용돌이 흐름 섹션(35)과 직선 중심 종축을 갖는 배출구 부분(42) 사이의 전이를 제공한다.
- [0096] 제1 하측 전이 부분(50)은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 아래, 그러한 환형 소용돌이 흐름 섹션과 제1 직선 중간 섹션(37) 사이에 배열된다. 제3 하측 전이 부분(54)은 제2 직선 중간 섹션(37) 위, 그러한 섹션(37)과 소용돌이 흐름 섹션(35) 사이에 배열된다. 제3 하측 전이 부분(54)은 직선 중심 종축을 갖는 제2 직선 중간 섹션(37)과 나선형 중심선을 갖는 소용돌이 흐름 섹션(35) 사이의 전이를 제공한다. U-벤드 섹션(36)은 제1 및 제2 직선 중간 섹션들(37)을 연결하도록 배열된다.
- [0097] 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)은 하단에서 제1 지지 장치(51)에 의해 그리고 상단에서 제2 지지 장치(52)에 의해 지지되는 내측 몸체(3)를 포함한다. 내측 몸체(3)의 구성, 그것이 지지되는 방사상 외측 튜브(2) 및 그것의 지지 장치들(51 및 52)은 도 8, 도 9 및 도 10과 관련하여 설명된 것들과 동일하다.
- [0098] 도 16은 U-벤드 섹션(36)의 하류에 소용돌이 흐름 섹션(35)이 제공되는 대신, 종래 흐름 섹션(33)이 있는 것을 제외하고는, 도 15와 유사한 열분해 튜브(1)를 도시한다. 이는 하단이 U-벤드 섹션(36)에 직접 연결되고 상단이 유출구 부분(42)에 직접 연결된다.
- [0099] 도 17은 열분해 튜브(1)를 통과하는 상부 연소되는 연소실(12)을 갖는 분해로(11)를 도시한다. 연소실(12)의 지붕에는 하향식 연소기들의 쌍(20)이 제공된다. 연소기들은 연료/공기 혼합물(21)을 수용하도록 배열되며, 이에 의해 연소기 화염(22)은 연소실(12) 내로 아래쪽으로 향하게 된다. 연소실(12)은 L자형을 갖고 사용시 연도 기체(23)가 연소실로부터 배기되는 연도 기체 유출구 부분(24)을 포함한다.
- [0100] 열분해 튜브(1)는 연소실(12)을 통한 단일 통로를 제공하도록 배열된다. 열분해 튜브는 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)을 갖는 상류 부분(UP) 및 소용돌이 흐름 섹션(35)을 갖는 하류 부분(DP)을 갖는다.
- [0101] 직선 주입구 부분(40)은 기체 흐름(F)을 수용하도록 배열된다. 주입구 부분(40)은 연소실의 연소 존(25)의 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)에 연결되는 제1 상측 전이 부분(47)에 연결된다. 중간 전이 부분(34)은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 아래, 그러한 환형 소용돌이 흐름 섹션과 소용돌이 흐름 섹션(35) 사이에 제공된다. 제3 하측 전이 부분(54)은 환형 소용돌이 흐름 섹션(35) 아래, 그러한 소용돌이 흐름 섹션과 유출구 부분(42) 사이에 제공된다.
- [0102] 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)은 도 3 및 도 4와 관련하여 설명된 제2 유형의 열분해 튜브에 상응하는 구성을 갖는다. 그것은 원통형 내측 몸체(3), 나선형방사상 관형 외벽(2) 및 나선형으로 휘어진 환형 유로인 환형 유로(5)를 갖는다. 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 추가 구성 세부 사항들은 내측 몸체(3)의 하단에 제1 지지 장치(51)를 그리고 내측 몸체의 상단에 제2 지지 장치(52)를 포함하여, 도 8, 도 9 및 도 10에 설명된 것들에 상응한다.
- [0103] 도 17의 장치는 나선형 유로의 나선형으로 휘어진 환형 유로 상류를 제공한다.

- [0104] 도 18은 도 17과 유사한 분해로의 다른 실시 예를 도시하고 그에 따라 동일한 피쳐들을 나타내기 위해 동일한 참조 부호들을 사용한다. 도 18의 실시 예는 상부 연소된 분해로 챔버 또는 연소실(12)을 갖는 분해로(11) 및 기체 흐름(F)을 위한 단일 통로 배열로 연장되는 열분해 튜브(1)를 포함한다. 열분해 튜브(1)의 상류 부분(UP)은 도 17의 실시 예와 동일한 방식으로, 원통형 내부 본체(3) 및 나선형 방사상 관형 외벽(2)과 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)을 갖는 제2 유형의 열분해 튜브에 따라 구성된다. 그러나, 상류 부분(UP)의 하류 하류 부분(DP)은 도 17에 도시된 바와 같은 소용돌이 흐름 섹션(35)보다는, 종래의 흐름 섹션(33), 즉 직선 중심선을 갖는 원통형 방사상 관형 외벽을 갖는 섹션을 포함한다. 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)은 제2 중간 전이 부분(39)을 통해 종래의 흐름 섹션(33)에 연결되어, 나선형으로부터 직선으로의 전이를 제공한다.
- [0105] 그에 따라 도 18의 실시 예에서, 열분해 튜브(1)는 나선형으로 휘어진 환형 유로인 유로(5)를 갖는 상류 부분(UP) 및 방사상 관형 외벽을 갖고 내측 몸체를 갖지 않는 종래의 원통형 흐름 섹션인 하류 부분(DP)을 갖는다.
- [0106] 도 19는 상부로부터 하부로의 기체 흐름(F)을 위해 연소실(12) 및 단일 통과 열분해 튜브(1)를 갖는 분해로(11)의 다른 실시 예를 도시한다. 열분해 튜브(1)는 도 17과 동일한 구성을 가지므로, 그러한 도면의 설명이 도 19의 실시 예에 적용 가능하다. 도 19의 연소실은 하향식 연소기들(20)을 가지며, 이들은 도 17의 연소기들과 동일하므로 여기에 그 설명이 또한 적용 가능하다. 도 19의 실시 예와 도 17의 실시 예 간의 차이점은 연소실(12)에 화염(27)을 일으키기 위한 연료/공기 혼합물(21)의 입력을 각각 수용하기 위한 한 쌍의 측벽 연소기(26)가 제공된다는 것이다.
- [0107] 도 20은 분해로(11)의 다른 실시 예를 도시하며, 이 경우에는 하부 연소 연소실(12)을 갖는다. 한 쌍의 상향식 연소기(20)가 연료/공기 혼합물(21)의 각각의 흐름들을 수용하기 위해 연소실(12)의 바닥에 제공된다. 연소실(12)은 거꾸로 된 "L"의 형태로 형성되고 연도 기체(23)의 배출을 위한 연도 기체 유출구(24)를 갖는다.
- [0108] 도 20의 분해로에는 도 17과 동일한 구성을 갖는 열분해 튜브(1)가 제공된다. 기체 흐름(F)은 상부로부터 하부로 단일 통로에서 열분해 튜브(1)를 통과한다. 도 17과 관련한 열분해 튜브(1)의 설명이 또한 도 20의 열분해 튜브(1)에도 적용 가능하다.
- [0109] 도 20의 실시 예의 경우, 연소 존(25)은 연소실(12)의 하측 부분에 있다. 따라서, 사용시, 기체 흐름(F)이 연소실의 비-연소 존에 위치하는 나선형으로 휘어진 환형 유로인 유로(5)로부터 연소실의 연소 존(25)에서의 소용돌이 흐름 섹션(35)(환형이 아닌)으로 흐른다.
- [0110] 도 21은 연소실(12) 및 열분해 튜브(1)를 갖는 분해로(11)의 다른 실시 예를 도시한다. 본 실시 예의 피쳐들은 도 20의 실시 예와 동일하므로 도 20의 설명이 도 21의 실시 예에 적용 가능하다. 도 21의 실시 예는 화염(27)을 일으키기 위해 연료/공기 혼합물(21)이 공급되는 측벽 연소기들(26)의 추가 제공에 의해 도 20의 실시 예와 상이하다.
- [0111] 도 22는 연소실(12) 및 단일 통로로 연장되는 열분해 튜브(1)를 갖는 분해로(11)의 다른 실시 예를 도시한다. 열분해 튜브(1)의 구성은 도 17과 동일하므로, 도 17의 설명이 도 22의 실시 예에도 적용 가능하다. 도 22의 실시 예는 분해로가 측부 연소 연소실을 갖는다는 점에서 도 17과 상이하다. 연소실(12)의 측벽들에 복수의 측벽 연소기(26)가 제공되며, 각각 연소 화염(27)을 일으키기 위해 연료/공기 혼합물(21)의 입력을 수용한다. 측벽 연소기들은 3개의 레벨, 즉 연소실(12) 지붕 근처의 상측 레벨, 그리고 그 다음 상측 레벨 아래의 2개의 각각의 레벨에 배열된다. 그에 따라 연소실(12)의 연소 존은 연소실의 대체로 상측 절반에 있고, 열분해 튜브(1)의 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)은 이러한 연소 존을 통과한다. 환형 유로를 갖지 않는 소용돌이 흐름 섹션(35)이 연소 존(25)의 하류에 제공된다.
- [0112] 도 23은 연소실(12) 및 열분해 튜브(1)를 갖는 분해로(11)의 다른 실시 예를 도시한다. 열분해 튜브(1)의 구성은 도 20과 동일하므로, 그러한 도면의 설명이 도 23의 실시 예에도 적용 가능하다. 도 23의 실시 예에서, 연도 기체(23)의 배출을 위한 연도 가스 유출구(24)는 도 20과 동일하지만, 연소기 배열은 상이하다. 도 23에서, 연소실(12)은 연료/공기 혼합물 흐름들(21)을 수용하여 연소실 내부에 화염(27)을 일으키는 복수의 측면 장착 연소기(26)를 갖는다. 측벽 연소기들(26)은 3개의 레벨, 연소실 바닥 근처의 하측 레벨 그리고 그 다음 그 위의 2개의 레벨에 배열된다. 사용시, 기체 흐름(F)은 연소 존이 없는 열분해 튜브(1)의 상류 부분(UP)을 통해, 부분적으로 연소 존(25)으로 아래쪽으로 통과하며, 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 하부는 측벽 연소기들(26)의 상측 레벨에 인접하여 위치된다. 그 다음 흐름(F)은 완전히 연소 존(25) 내에 있는 소용돌이 흐름 섹션(35)으로 아래쪽으로 지속된다.
- [0113] 각각 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)을 갖는 상류 부분(UP) 및 비-환형 흐름 섹션을 갖는 하류 부분(DP)(종래의



흐름 섹션(33) 또는 소용돌이 흐름 섹션(35) 중 어느 하나)을 갖는 도 15 내지 도 23의 실시 예에서, 환형 흐름 섹션의 방사상 외측 관벽(2)의 내경은 비-환형 흐름 섹션의 방사상 외벽(2)의 내경보다 크다.

[0114] 도 24 내지 도 29는 열분해 튜브(1)의 다양한 설계를 도시한다. 이러한 모든 변형 예에서, 열분해 튜브(1)는 단일 하류 부분(DP)으로 공급되는 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)을 갖는다. 각각의 경우, 각각의 상류 부분은 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)을 포함한다. 각각의 하류 부분은 소용돌이 흐름 섹션(35) 또는 종래의 흐름 섹션(33), 즉 직선 중심선을 갖는 원통형 방사상 관형 외벽을 갖는 섹션 중 어느 하나를 포함한다.

[0115] 도 24 및 도 25의 실시 예들은 분해로를 통해 기체 흐름(F)의 단일 통로를 제공한다. 각각의 경우, 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)은 Y-접합부(38)에서 이어지며, 여기서 두 개의 상류 부분 각각에서 개별 기체가 흐르고 하류 부분(DP)의 단일 흐름으로 합쳐진다. 각각의 상류 부분은 제2 유형의 열분해 튜브 설계에 따라 구성되고 서로 동일한 피쳐들을 갖는다. 각각의 상류 부분(UP1, UP2)은 상부에, 제1 상측 전이 부분(47) 아래에, 그리고 나선형으로 휘어진 환형 유로인 유로(5)를 제공하는 환형 소용돌이 흐름 섹션(31) 아래에 주입구 부분(40)을 갖는다. 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)은 하단에 제2 중간 전이 부분(39)을 통해 Y-접합 부분(38)으로 연결되어, 나선형으로부터 직선으로의 전이를 제공한다.

[0116] 환형 유로(5)를 제공하는 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2) 부분들의 구성은 도 8, 도 9 및 도 10과 관련하여 설명된 부분에 상응한다. 원통형 내측 몸체(3)는 내측 몸체(3)의 하단이 제1 지지 장치(51)에 의해 그리고 내측 몸체의 상단이 제2 지지 장치(52)에 의해 방사상 관형 외벽(2) 내부에 지지된다. 지지 장치들에 관한 보다 세부 사항들이 도 8, 도 9 및 도 10의 설명에서 상술되어 있다. 상류 부분 및 하류 부분(UP1, UP2)의 피쳐들은 도 24 및 도 25의 실시 예에서와 동일하다. 하류 부분(DP)은 이 두 개의 실시 예 간에 상이하다.

[0117] 도 24의 실시 예에서, 하류부(DP)은 소용돌이 흐름 섹션(35)을 제공하도록 나선형 외측 튜브(2)를 갖는다. 소용돌이 흐름 섹션(35)은 내부 몸체를 갖지 않으므로 그 내부에 확정되는 통로는 비-환형이다. 통로는 대체로 원형 단면 형상을 갖는다. 제3 하측 전이 부분(54)은 환형 소용돌이 흐름 섹션(35) 아래, 소용돌이 흐름 섹션과 유출구 부분(42) 사이에 배열되어, 나선형으로부터 직선으로의 전이를 제공한다.

[0118] 도 25의 실시 예에서, Y-접합 부분(38)의 하류에는 도 24에 도시된 바와 같은 소용돌이 흐름 섹션(35)이 아닌 종래의 흐름 섹션(33)이 제공된다. 종래의 흐름 섹션(33)은 유출구 부분(42)에 직접 연결된다.

[0119] 도 26, 도 27, 도 28 및 도 29의 실시 예들은 분해로를 통해 이중 유로(F)를 제공하는 열분해 튜브에 관한 것이다. 각각의 경우, 흐름의 방향은 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)의 하향 흐름 방향으로부터 하나의 하류 부분(DP)의 상향 유동 방향으로 하나 이상의 U-벤드에 의해 역전된다. 각각의 경우, 두 개의 상류 부분(UP1, UP2)은 제2 유형의 열분해 튜브 설계를 갖는 환형 소용돌이 흐름 섹션들(31)을 갖는다. 그에 따라 그것들은 원통형 내측 몸체(3), 나선형 구성을 갖는 방사상 관형 외벽(2) 및 나선형으로 휘어진 환형 유로인 환형 유로(5)를 갖는다.

[0120] 도 26의 실시 예를 참조하면, 두 개의 상류 부분(UP1, UP2)은 서로 동일한 구성을 가지므로, 그 중 하나만이 설명될 것이다. 각 상류 부분(UP1, UP2)에는 각각의 주입구 부분(40)이 제공된다. 제1 상측 전이 부분(47)은 주입구 부분(40) 아래에 위치하여 환형 소용돌이 흐름 섹션(31), 즉 나선형으로 휘어진 환형 유로(5)를 갖는 열분해 튜브(1)의 부분으로 이어진다. 환형 소용돌이 흐름 섹션(31)의 하단에서, 제1 하측 전이 부분(50)은 U-벤드 섹션(36)의 하나의 림에 차례로 연결되는 직선 중간 섹션(37)에 연결된다. U-벤드 섹션(36)은 다른 직선형 중간 섹션(37)에 연결되는 다른 림을 갖고 이는 Y-접합 부분(38)에 연결된다. Y-접합 부분(38) 위에는 하류 부분(DP)의 소용돌이 흐름 섹션(35)에 연결되는 제3 중간 전이 부분(41)이 제공된다. 이는 Y-접합 부분의 직선 부분으로부터 나선형 중심선을 갖는 방사상 관형 외벽(2)을 갖는 나선형 소용돌이 흐름 섹션(35)으로의 전이를 제공한다. 제3 상측 전이 부분(49)은 나선형으로부터 직선으로의 전이를 제공하기 위해, 소용돌이 흐름 섹션(35)의 하류 단부와 유출구 부분(42)의 상류 단부 사이에 제공된다.

[0121] 도 27의 실시 예에서, 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2), 하측 전이 부분들(50), 직선 중간 섹션들(37), U-벤드 섹션들(36) 및 Y-접합 부분(38)의 구성은 도 26의 실시 예의 동일한 피쳐들과 동일하고 그에 따라 도 26과 관련한 설명은 도 27에 적용 가능하다. 도 27의 실시 예는 하류 부분(DP)이 소용돌이 흐름 섹션(35)이 아니라 종래 흐름 섹션(33)을 갖는다는 점에서 도 26과 상이하다. 그 상류 단부에서 종래 흐름 섹션(33)은 Y-접합 부분(38)에 직접 연결되고, 그 하류 단부에서 직선 유출구 부분(42)에 직접 연결된다.

[0122] 도 26 및 도 27의 실시 예들에서, 각각의 상류 부분들(UP1 및 UP2)은 각각의 U-벤드 섹션(36)을 통해 각각의 상류 부분들(UP1 및 UP2)로부터의 흐름들이 합쳐지는 Y-접합 부분(38)에 연결되는 것이 보여질 것이다. 두 개의

U-밴드 섹션(36) 및 그 하나의 Y-접합 부분(38)의 하류가 있다.

[0123] 도 26 및 도 27 양자의 열분해 튜브에서, 하류 부분(DP)은 상류 부분들(UP1 및 UP2) 사이에 위치한다. 그러한 열분해 튜브가 예를 들어 도 17 내지 도 23의 배열들 중 어느 하나에 도시된 바와 같이 분해로에서의 연소기들 사이에 위치될 때, 하류 부분(DP)은 상류 부분들(UP1 및 UP2)보다 연소기들로부터 열이 더 차폐된다. 그 결과, 분해로부터의 열 입력은 튜브가 연소기들로부터의 복사에 직접 노출되는 곳보다 크고 그것이 노출되는 곳보다 적은 것이 아니라, 하류 부분(DP)을 형성하는 열분해 튜브의 부분의 둘레 주위에서 비교적 균일하다. 이러한 설계는 하류 부분상의 튜브의 벽을 통해 방사상으로 열속 프로파일이 이상에 가까워, 튜브의 원주 둘레에서 대체로 유사한 프로파일을 갖는 경향이 있다는 이점을 갖는다. 이는 최대 열속과 평균 열속 간 차이를 줄여 피크 튜브 금속 온도와 평균 튜브 금속 온도 간 차이가 최소가 되도록하여, 디코킹 작업들 간 열분해 튜브의 작동 길이를 연장시킨다.

[0124] 도 28 및 도 29의 실시 예들은 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)이 있으며, 유출이 하나의 하류 부분(DP)과 합쳐진다는 점에서 도 26 및 도 27과 유사하다. 그러나, 이들 실시 예의 경우에는, 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)에 의해 각각의 제1 하측 전이 부분들(50)을 통해 공급되는 Y-접합 부분(38)에 의해 공급되는 단일 U-밴드 섹션(36)이 있다. 그 외, 도 28 및 도 29의 실시 예들에서의 두 개의 상류 부분(UP1 및 UP2)의 구성들은 도 26 실시 예의 상류 부분들(UP1 및 UP2)의 구성들과 동일하고, 그 설명은 도 28 및 도 29의 실시 예들에 적용 가능하다.

[0125] 도 28의 실시 예를 참조하면, 이는 소용돌이 흐름 섹션(35)을 포함하는 하류 부분(DP)을 갖는다. 즉 나선형 중심선을 갖는 방사상 관형 외벽(2)을 갖는다. U-밴드 섹션(36)은 차례로 제3 하측 전이 부분(54)에 연결되는 직선형 중간 섹션(37)에 연결된다. 이는 소용돌이 흐름 섹션(35)으로의 전이를 제공한다.

[0126] 도 29의 실시 예는 하류 부분(DP)이 종래 흐름 섹션(33)이라는 점, 즉 그것이 직선 중심선을 갖는 원통형 방사상 관형 외벽이라는 점에서 도 28과 상이하다. 종래 흐름 섹션(33)은 그 상류 단부에서 U-밴드 섹션(36)에 직접 연결되고, 그 하류 단부에서 직선 유출구 부분(42)에 직접 연결된다.

[0127] 도 15 내지 도 29의 실시 예들은 제2 유형의 열분해 튜브들을 도시하지만, 이러한 열분해 튜브들은 대안적으로 제1 유형 또는 제3 유형 일 수 있다. 제1, 제2 또는 제3 유형 중 어느 것이든, 그것들은 환형 유로 내로 돌출하는 적어도 하나의 나선형 돌기를 포함할 수 있다.

[0128] 전술한 모든 실시 예에서, 기체가 열분해 튜브를 따라 흐름 때 기체의 회전이 촉진되는 나선형으로 휘어진 환형 유로가 있다. 환형 유로에서의 기류의 회전의 촉진은 기체로의 열 전달을 향상시킨다. 회전 흐름은 기체가 축방향 속도 성분 외에 반경 방향 속도 성분, 소위 소용돌이 흐름을 갖게 할 수 있다. 내측 몸체가 환형 유로를 촉진하는 회전 흐름을 생성하는 역할을 하면서, 환형 유로의 소용돌이 흐름이 대류 열 전달을 향상시킨다. 대류 열 전달이 향상되기 때문에, 종래의 열분해 튜브보다 짧은 길이의 열분해 튜브가 기체로 동일한 양의 열 전달을 달성하기 위해 사용될 수 있다. 이는 결과적으로 낮은 체류 시간을 달성하고 수율, 즉 원하는 분해 생성물들의 발생을 향상시킨다.

[0129] **비교 예들**

[0130] 참조:

[0131] van Goethem, M.W.M., Jelsma, E., 2014. 고온 적용을 위해 향상된 열 전달 및 압력 강하에 대한 수치적 및 실험적 연구;

[0132] Chemical Engineering Research and Design 92, 663-671.

[0133] 이 항목에는 종래의 흐름과 소용돌이 흐름을 비교한 전산 유체 역학(CFD) 연구 결과가 포함된다.

[0134] 본 명세서에서, 환형 소용돌이 흐름에 대한 CFD 연구는 동일한 기초 위에서 수행되었다. 분해로에서 세가지 유형의 열분해 튜브의 성능을 비교했다. 결과는 아래 표에 나와 있다.

**표 1**

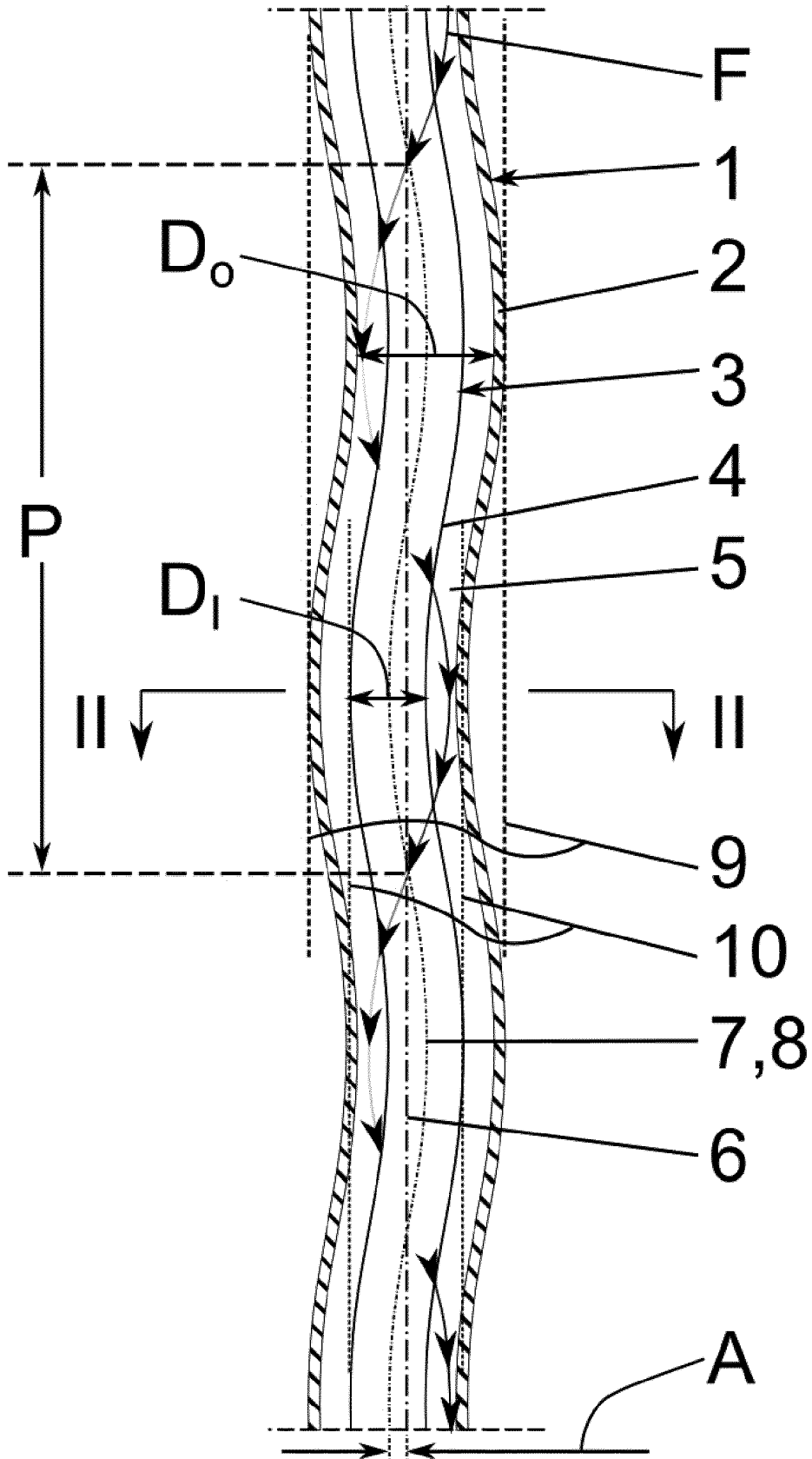
파라미터	종래	소용돌이 흐름	환형 소용돌이 흐름
흐름율(kg/시간)	500	500	500
외측 튜브 외경(m)	0.06	0.064	0.089
외측 튜브 내경(m)(D <sub>0</sub> )	0.052	0.056	0.078
내측 몸체 외경(m)(D <sub>1</sub> )			0.047

길이(m)	12.00	8.68	6.49
듀티	100%	100%	100%
압력 강하	100%	100%	100%
열분해 튜브 길이	100%	72%	54%
체류 시간	100%	84%	77%

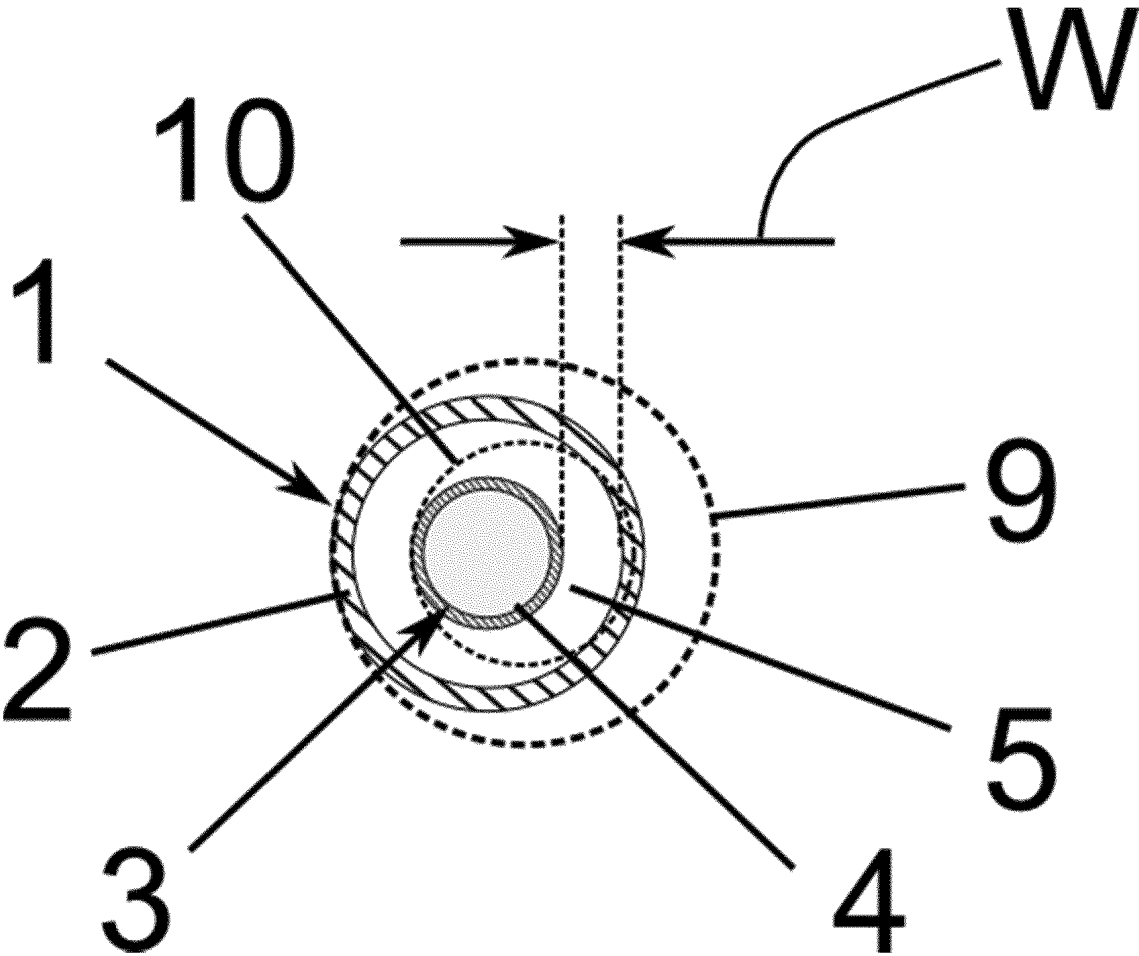
- [0136] "종래" 열은 직선 중심선을 갖는 종래의 열분해 튜브에 관한 것이다.
- [0137] "소용돌이 흐름" 열은 나선형 중심선 및 흐름 루멘이 차단되지 않는(즉, 내부 몸체가 없는) WO 2010/032024에서 공지된 유형의 열분해 튜브에 관한 것이다. 이 경우, 나선의 진폭(A)은 16.8 mm이고, 피치(P)는 434 mm이다. 튜브의 내경(D<sub>0</sub>)이 56 mm 인 것을 표로부터 알 수 있다. 따라서, 나선형 중심선의 상대 진폭은 A/D<sub>0</sub>가 30%였다. 상대 피치(P/D<sub>0</sub>) 7.75였다.
- [0138] "환형 소용돌이 흐름" 열은 내측 몸체(3)가 나선형 중심선을 갖고 방사상 외측 튜브(2)가 직선형 중심선을 갖는 제3 유형의 열분해 튜브에 기초한 본 발명의 실시 예에 관한 것이다. 나선형 중심선의 진폭(A)은 23.4 mm 이고, 피치(P)는 605 mm이다. 그에 따라 상대 진폭(A/D<sub>0</sub>)은 0.3이었고 상대 피치(P/D<sub>0</sub>)는 7.75였다.
- [0139] 이 연구에서 특정 파라미터들이 모든 예에서 동일하게 설정되었음을 알 수 있다. 따라서, 모든 열분해 튜브는 500 kg/시간의 동일한 물질 흐름율을 가졌다. 모든 튜브는 동일한 100% "듀티"를 갖도록 크기가 정해졌다. 이는 분해로 챔버로부터의 유출구에서의 튜브의 외부 표면 온도가 유출구에서의 튜브 내부의 평균 가스 온도보다 각각의 예에서 동일한 양만큼 큰 것을 의미한다. 이 온도차는 190 °C였다. 열분해 튜브로의 평균 가스 주입구 온도 및 평균 가스 유출구 온도도 모든 경우에 동일하게 설정되었다. 따라서, 튜브들은 "듀티", 즉 전술 한 바와 같이 출구에서의 온도차를 갖기 위한 듀티가 각각의 경우에서 동일하도록 크기(길이 및 직경(들))가 정해졌다.
- [0140] 모든 튜브는 서로 다른 마찰 특성을 갖는다. 이 연구에서 또한 압력 강하가 모든 경우에 대해 동일하도록 치수(길이 및 직경(들))가 조정되었다. 그 다음 압력 강하가 수율에 미치는 영향은 모든 경우에서 동일하다고 말하는 것이 가능하다.
- [0141] 결과는 튜브 길이 및 체류 시간에 관한 열분해 튜브 기하학적 구조의 영향을 강조하는 표이다. 표에서 나선형 중심선(소용돌이 흐름)을 갖는 열분해 튜브는 열분해 튜브 길이가 종래 열분해 튜브의 72%로 감소하고 체류 시간이 종래 열분해 튜브의 84%로 줄어든다는 것을 알 수 있다.
- [0142] 그러나, 본 발명의 실시 예("환형 소용돌이 흐름")를 사용하는 예는 이들 파라미터의 더 큰 감소를 초래한다. 길이는 100%에서 54%로 46%만큼 감소된다. 중요한 것은 체류 시간이 100%에서 77%로 23% 단축된다는 것이다. 체류 시간은 프로세스의 선택성을 결정하기 때문에 가장 중요한 파라미터이다. 동일한 온도 및 압력 조건 하에서의 체류 시간의 감소는 1차 분해 생성물, 즉 에틸렌, 프로필렌, 부타디엔에 대한 선택도의 향상을 가져온다.

도면

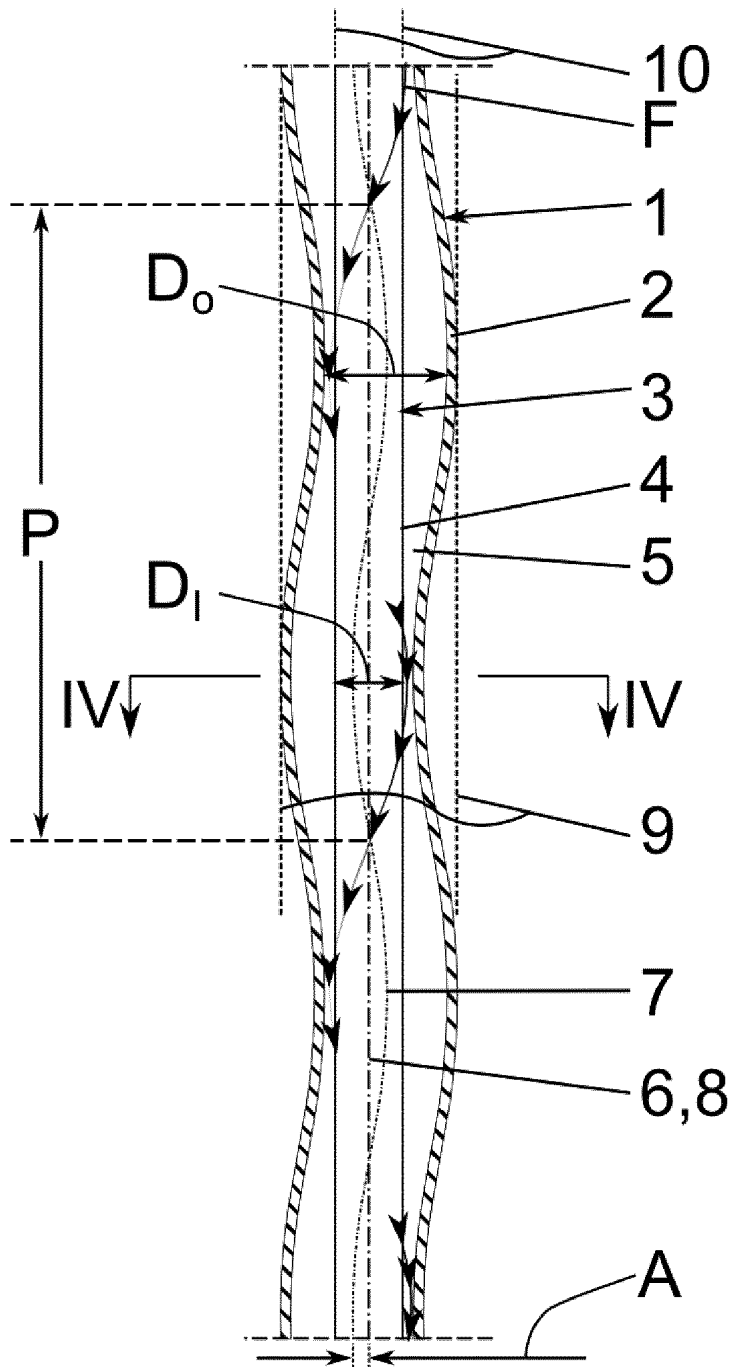
도면1



도면2

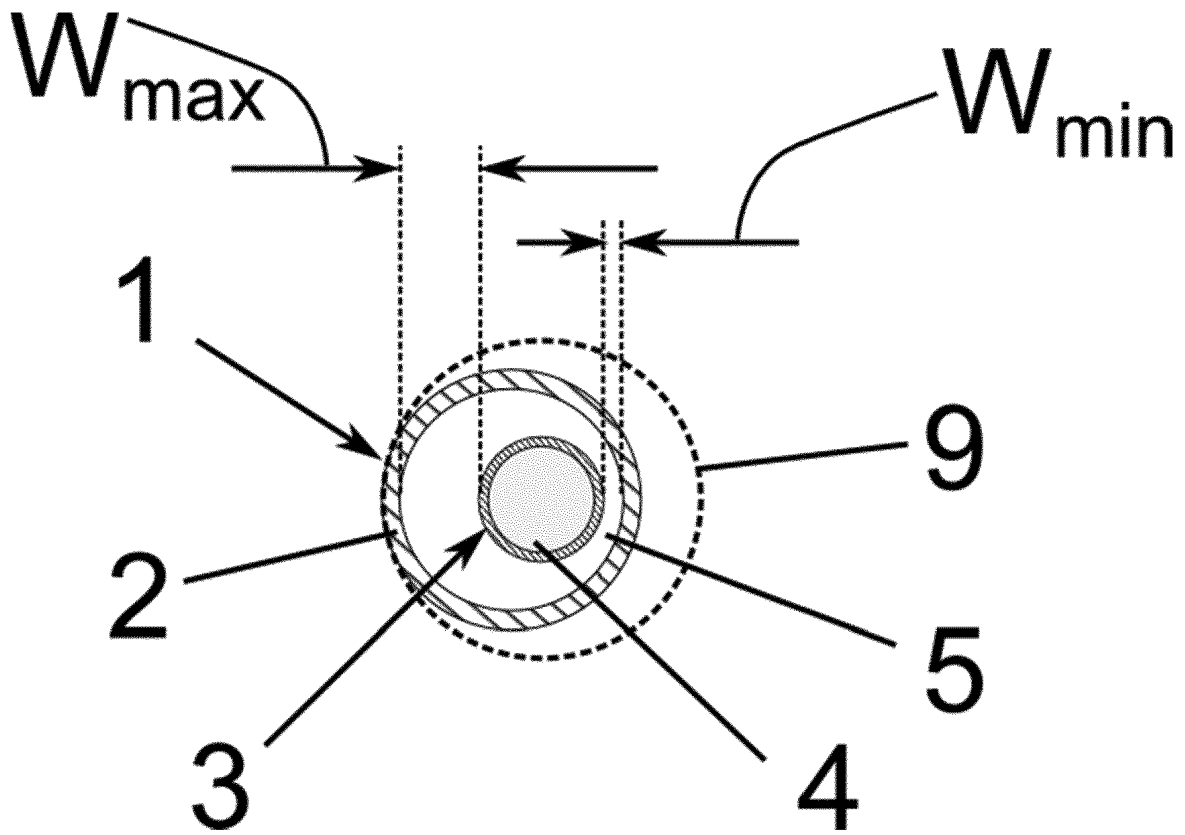


도면3

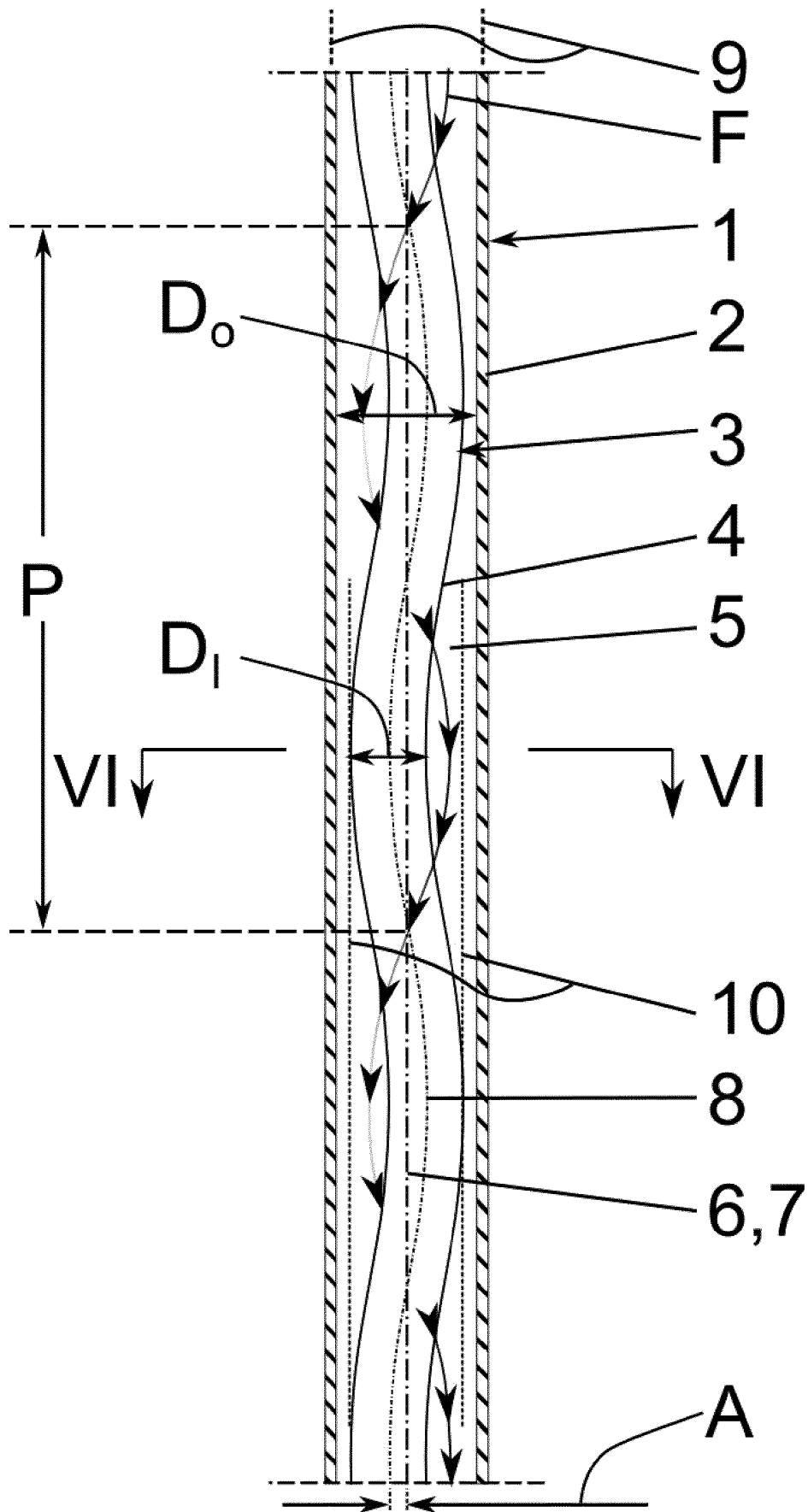




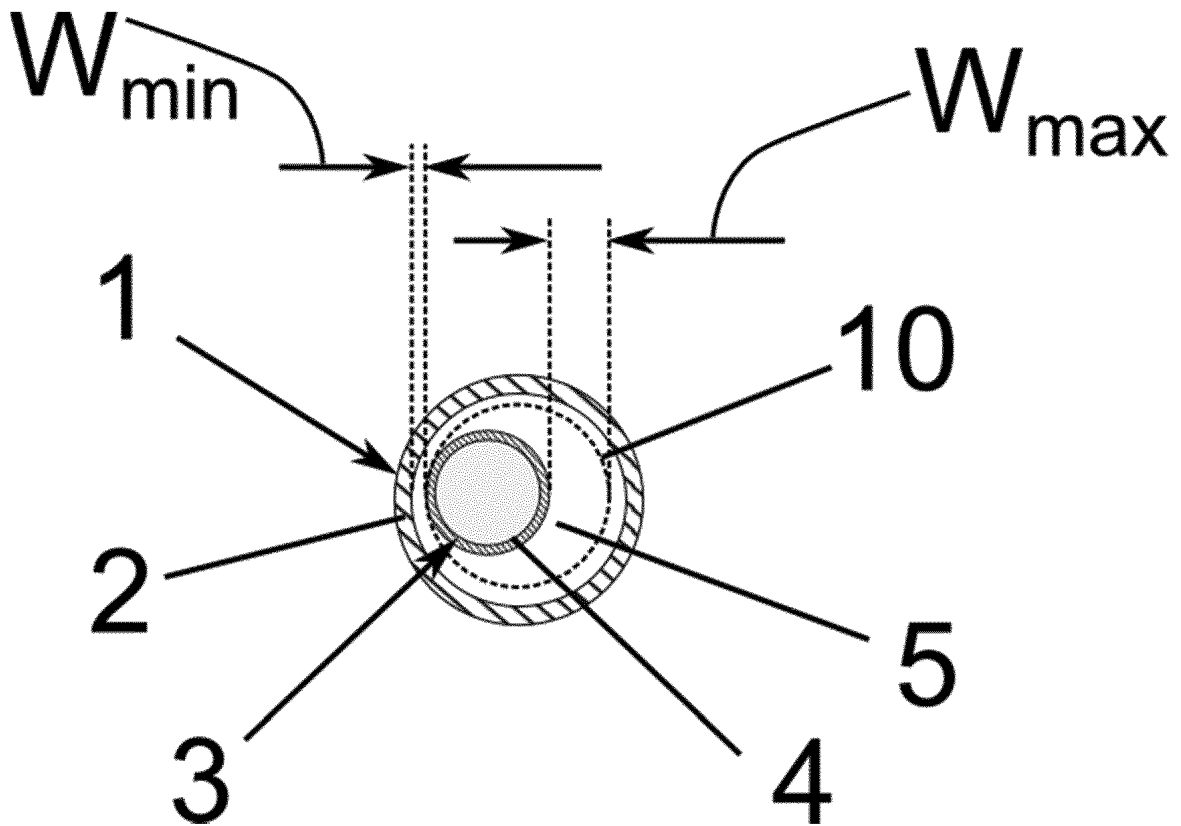
도면4



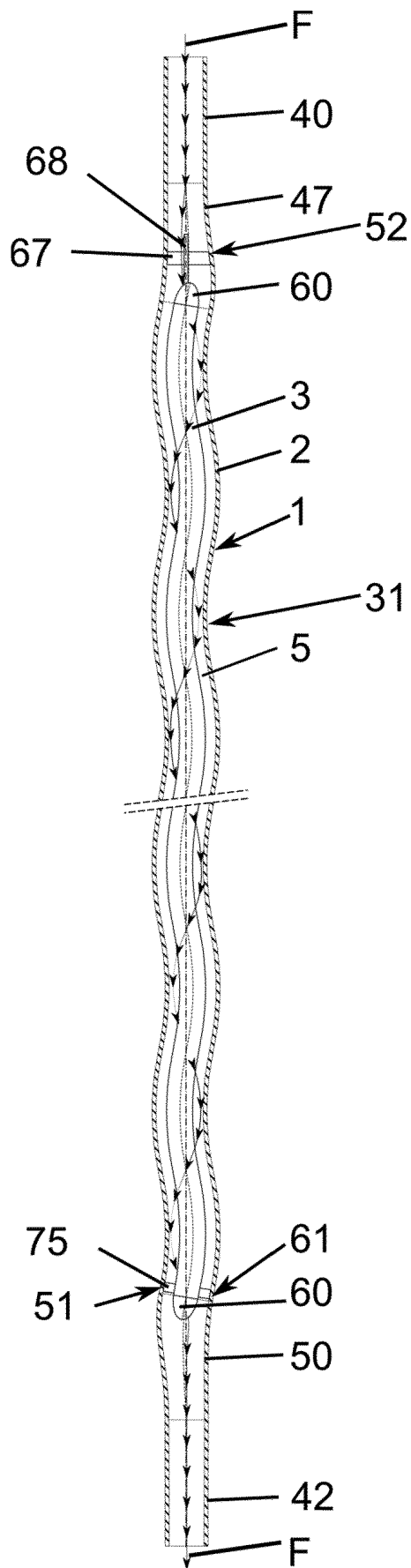
도면5



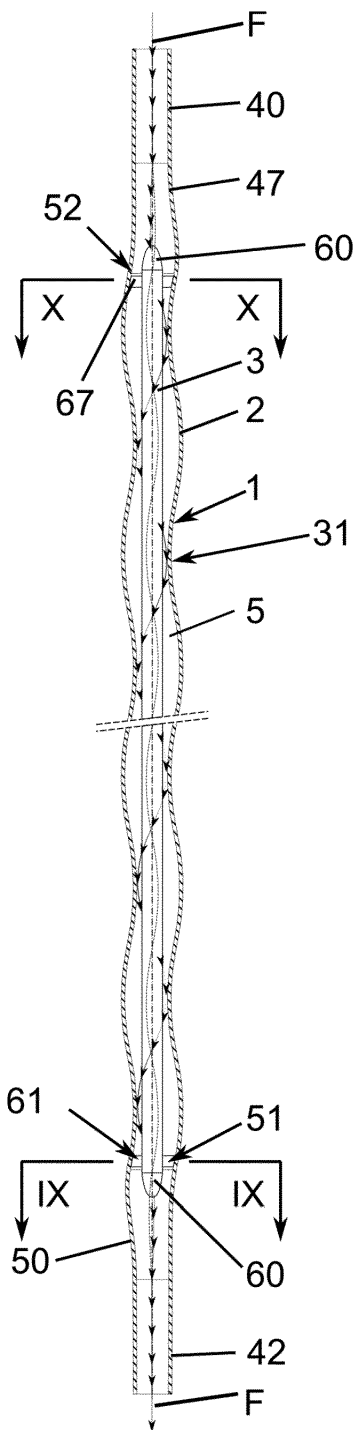
도면6



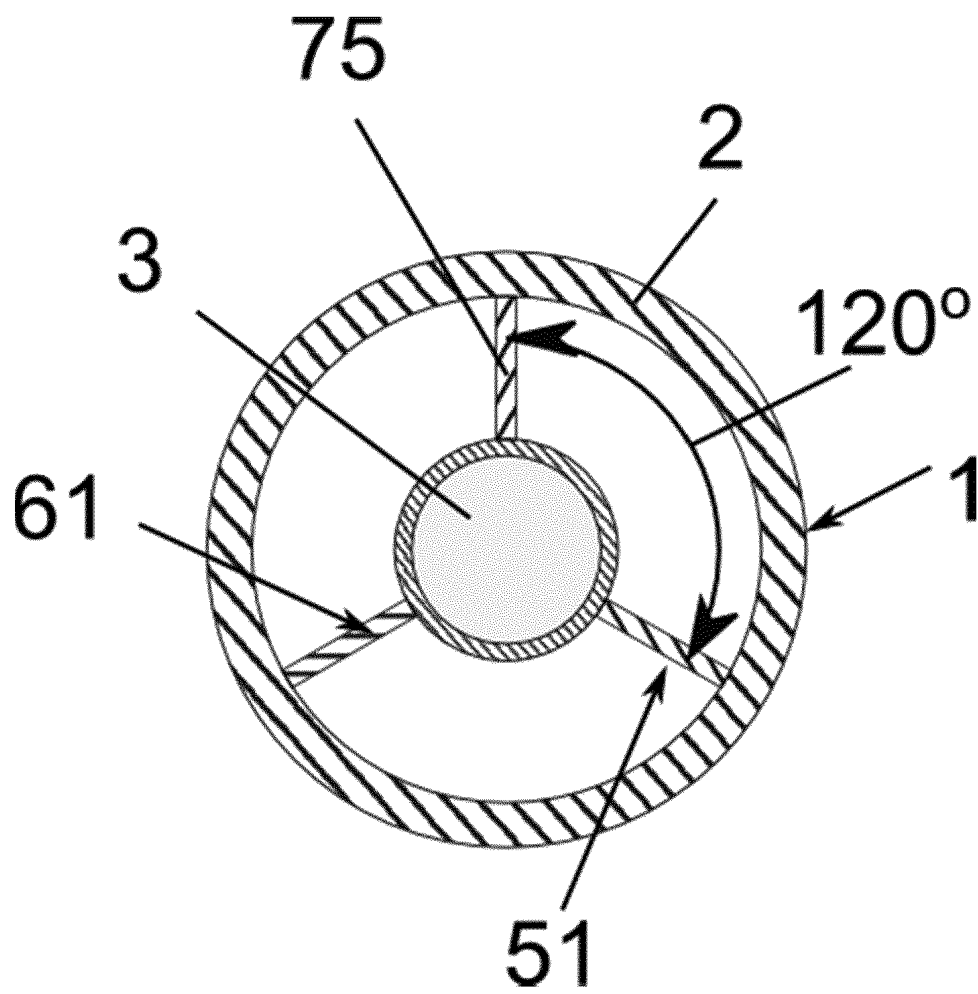
도면7



도면8

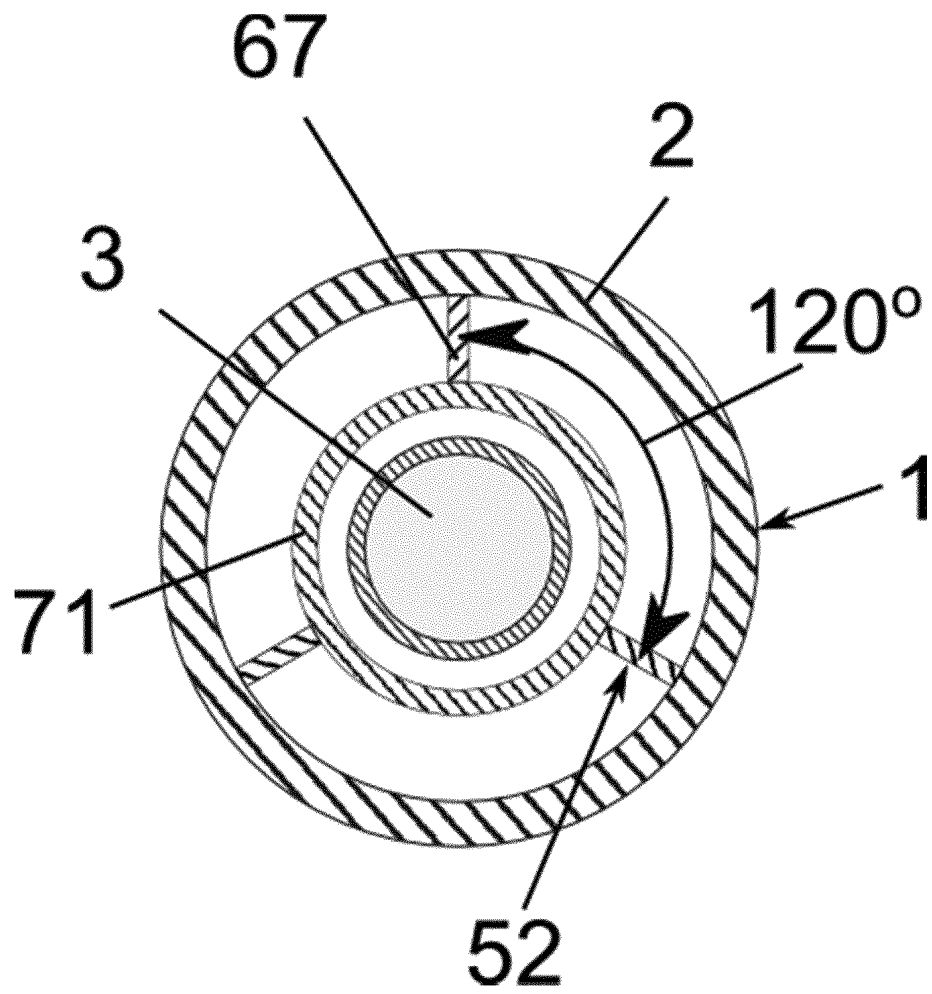


도면9

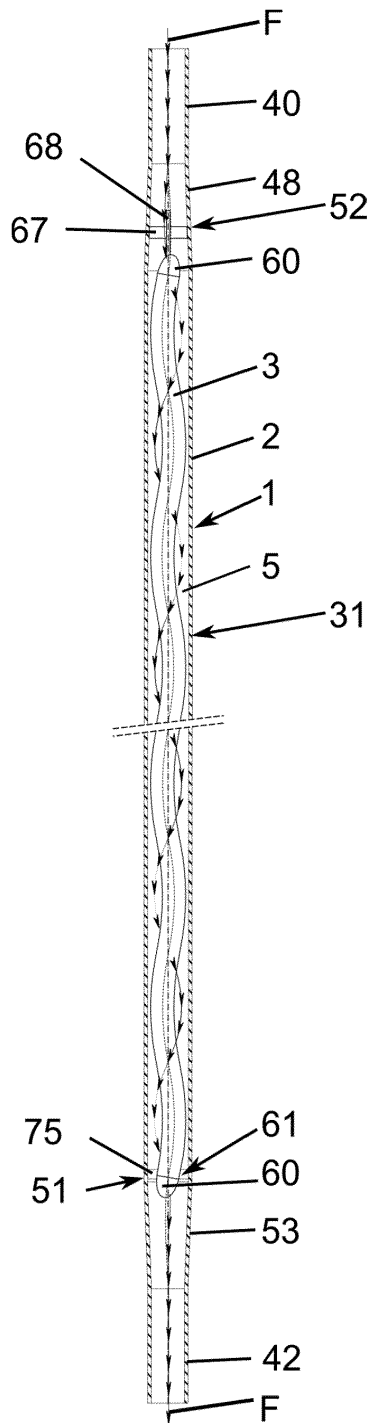




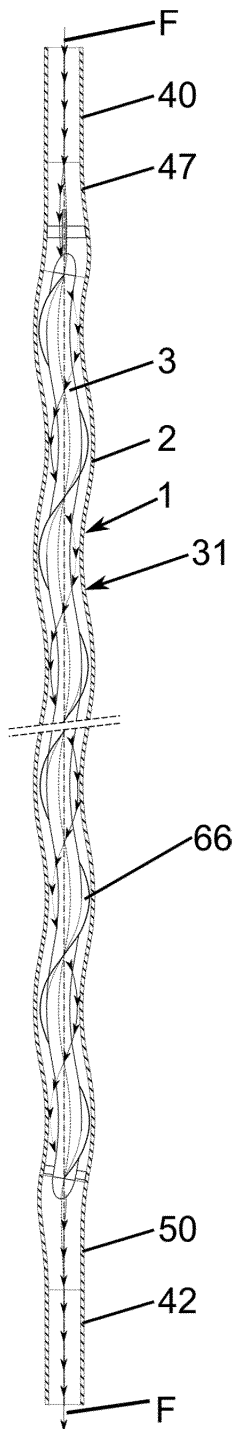
도면10



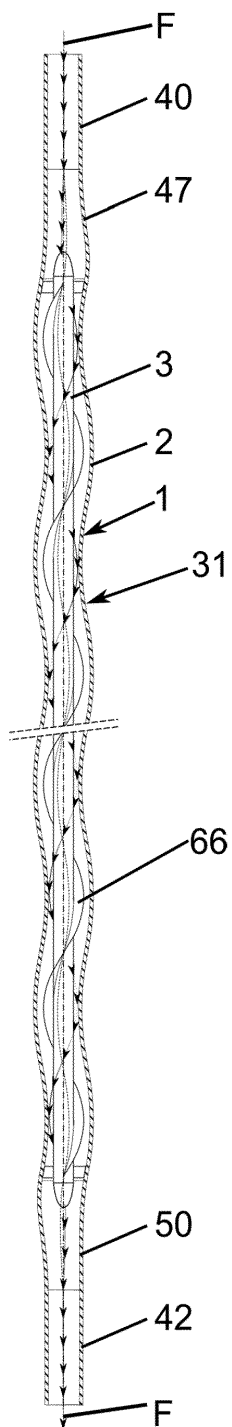
도면11



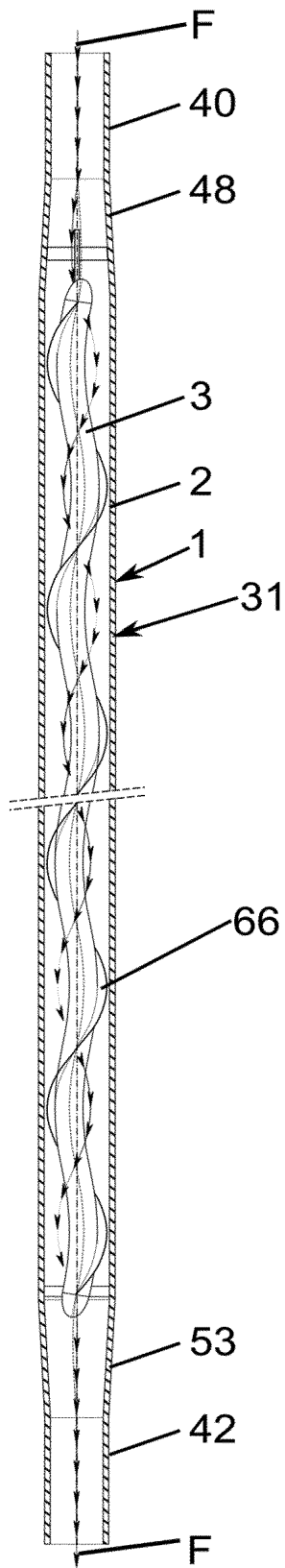
도면12



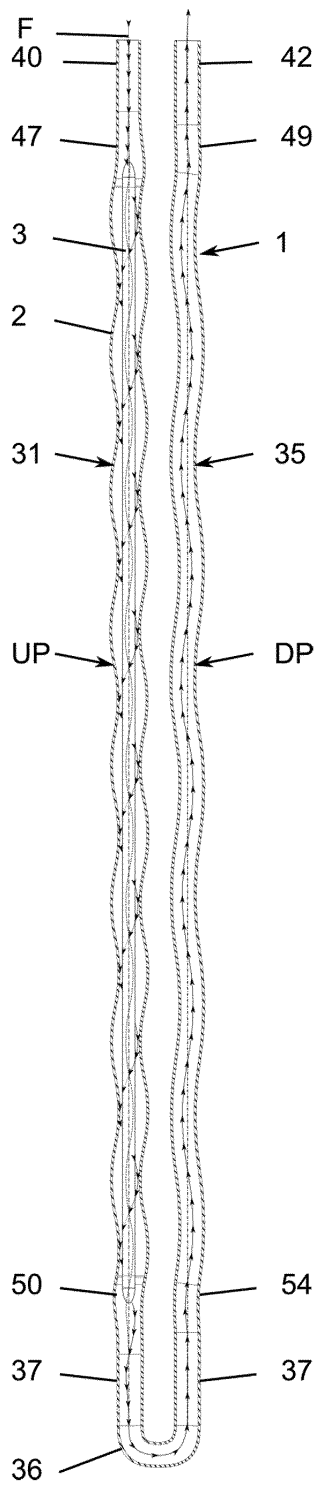
도면13



도면14

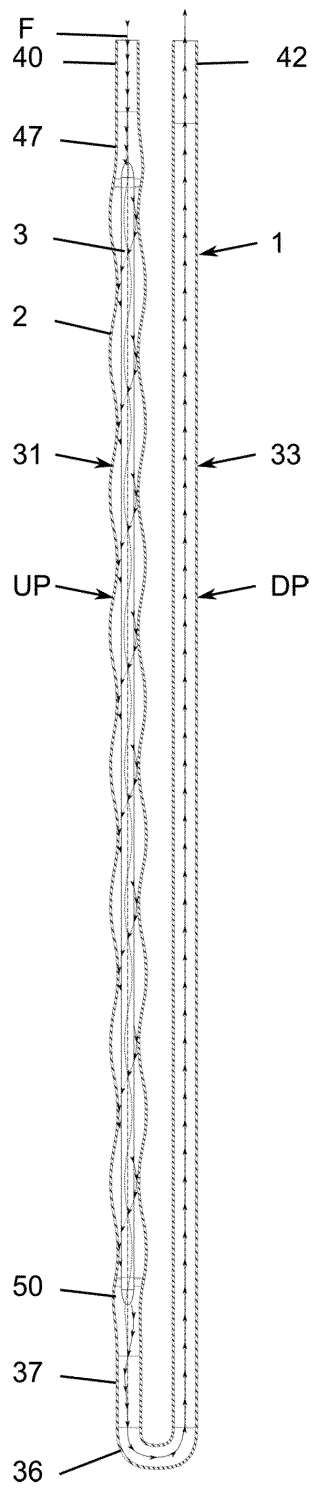


도면15

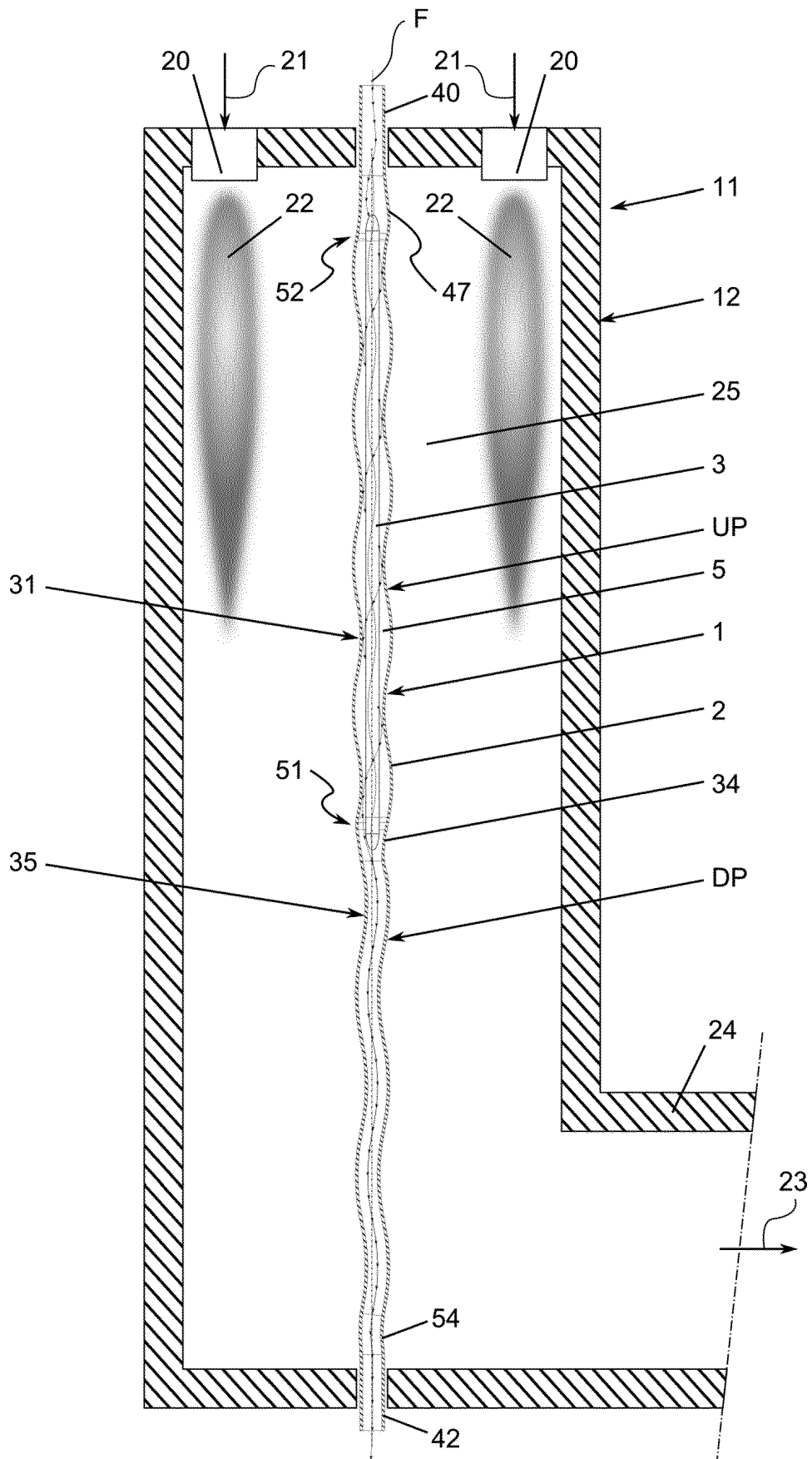




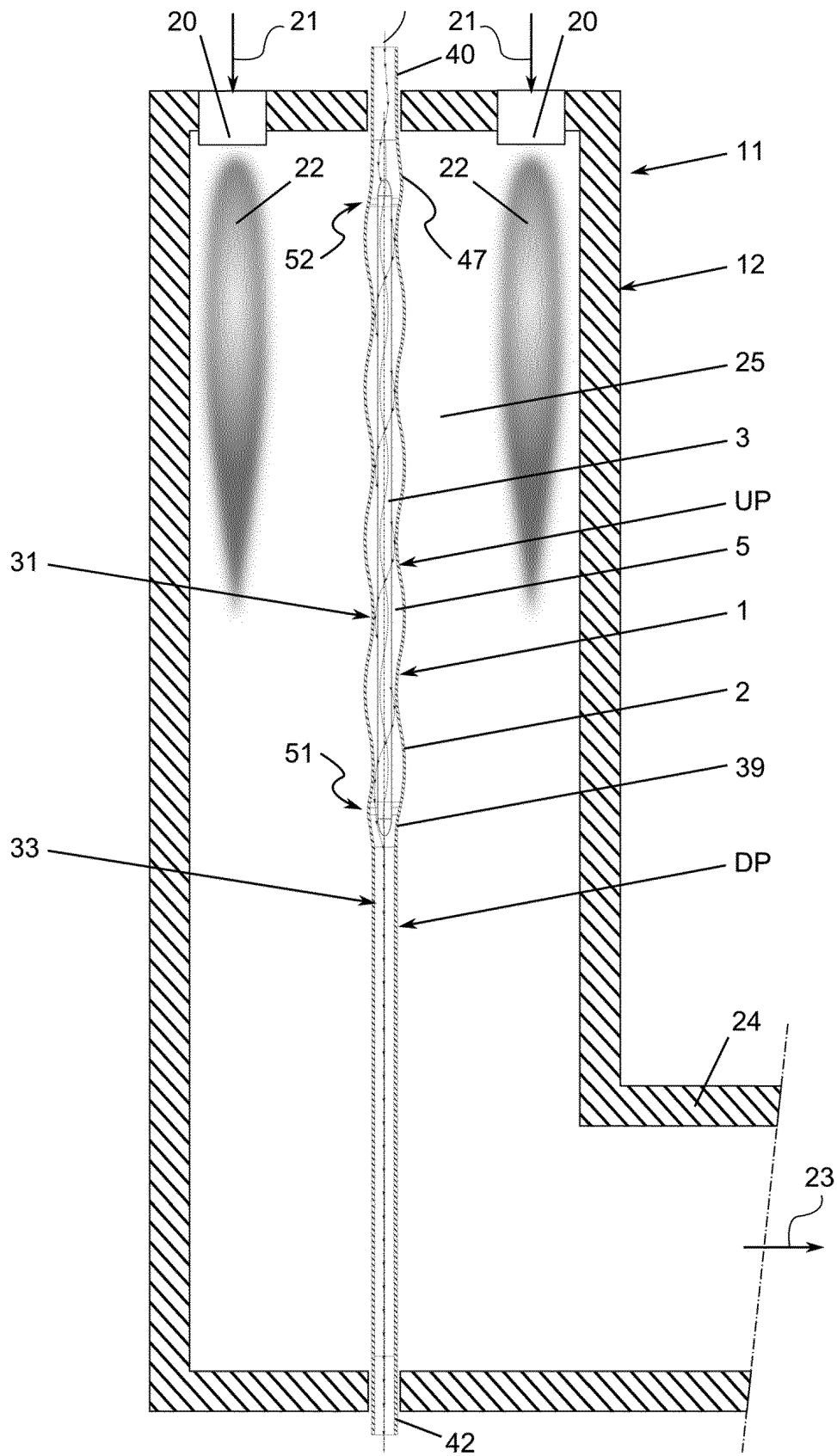
도면16



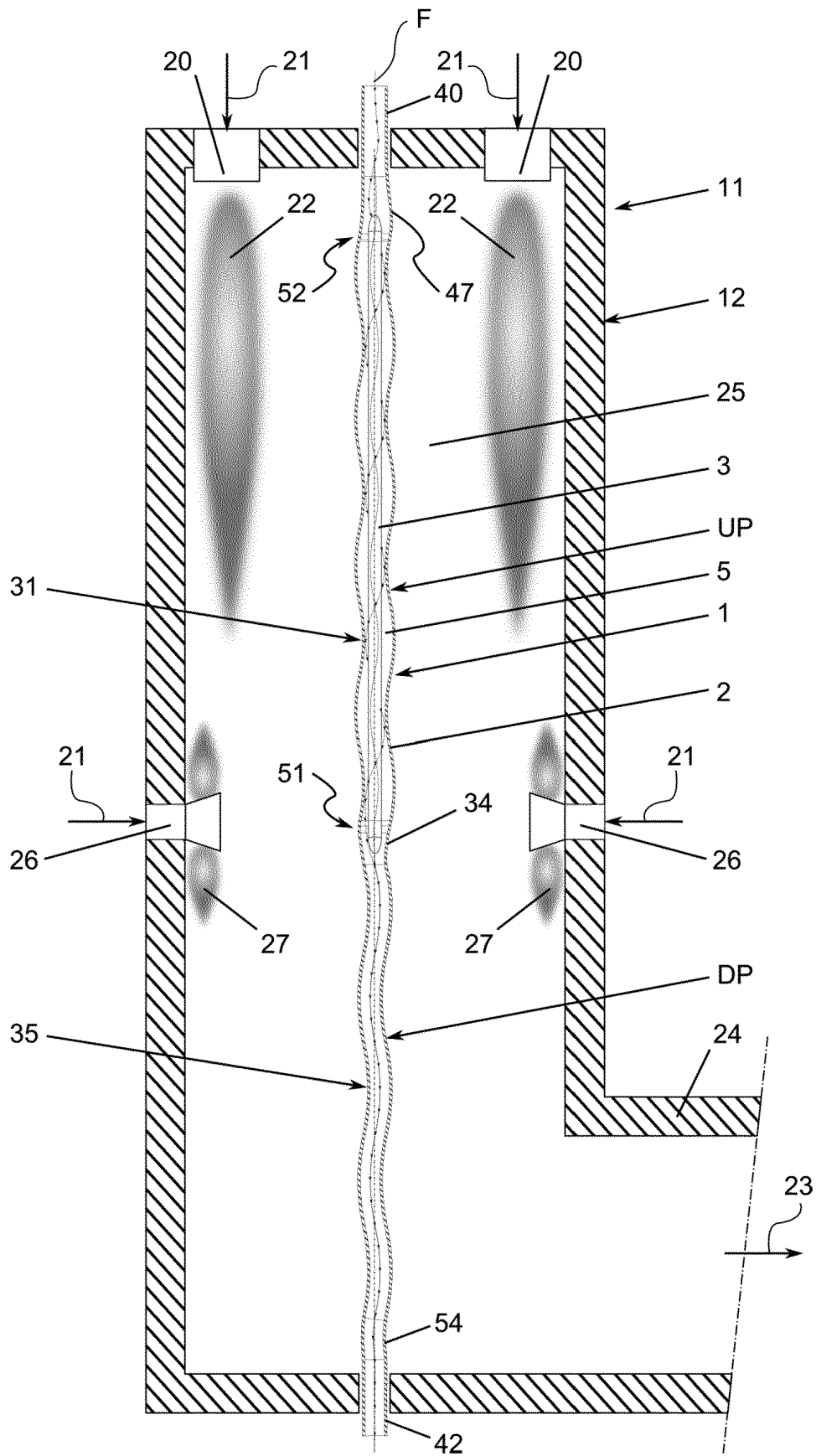
도면17



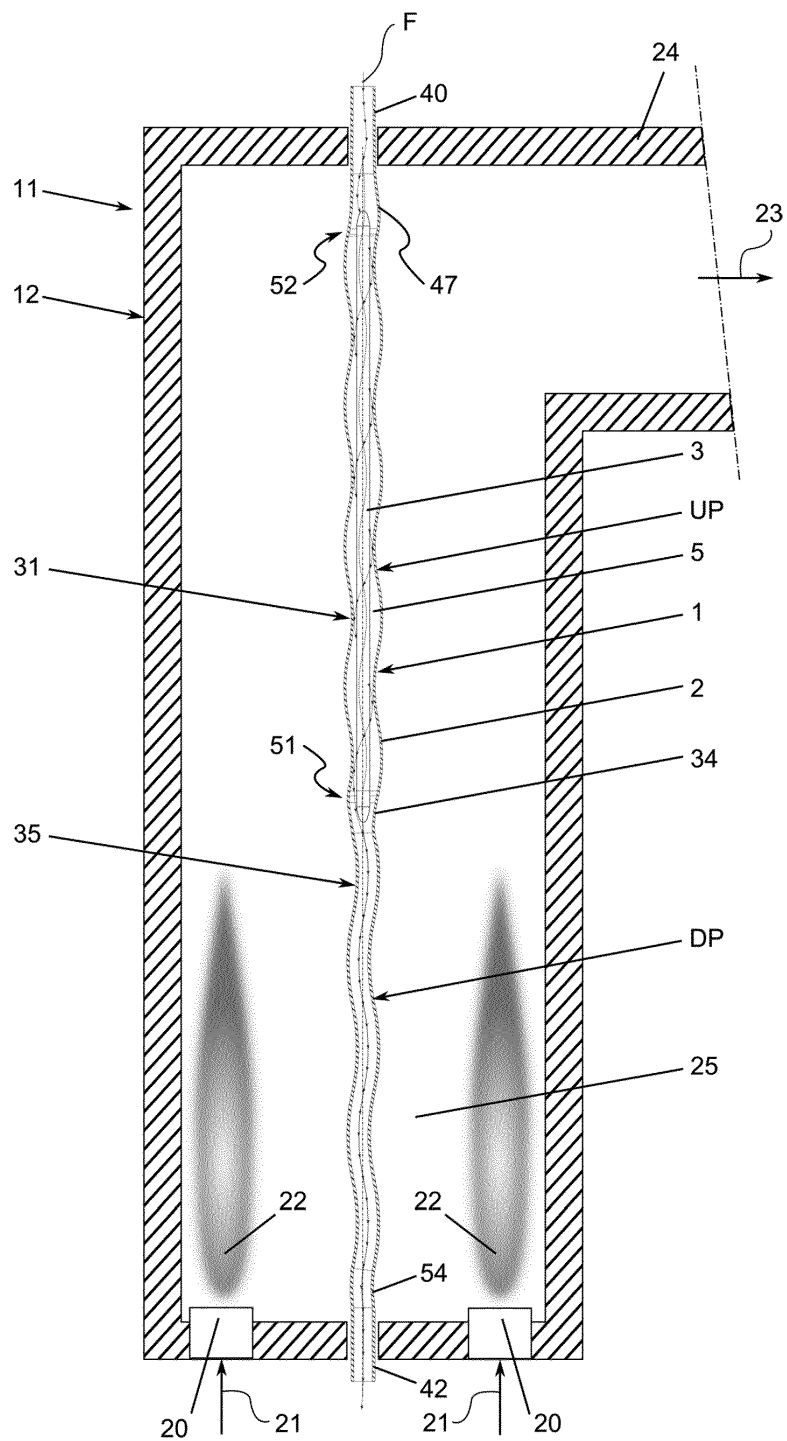
도면 18



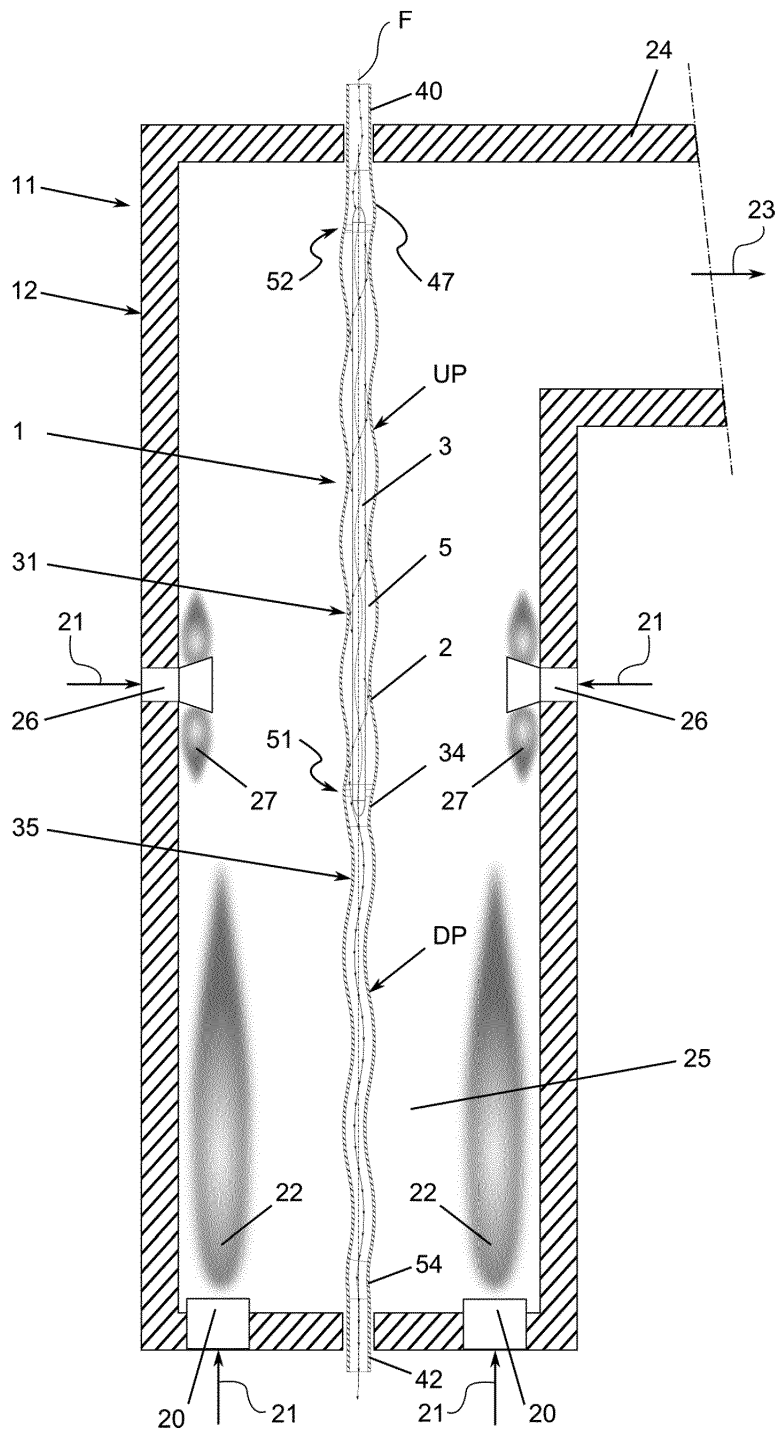
도면19



도면20

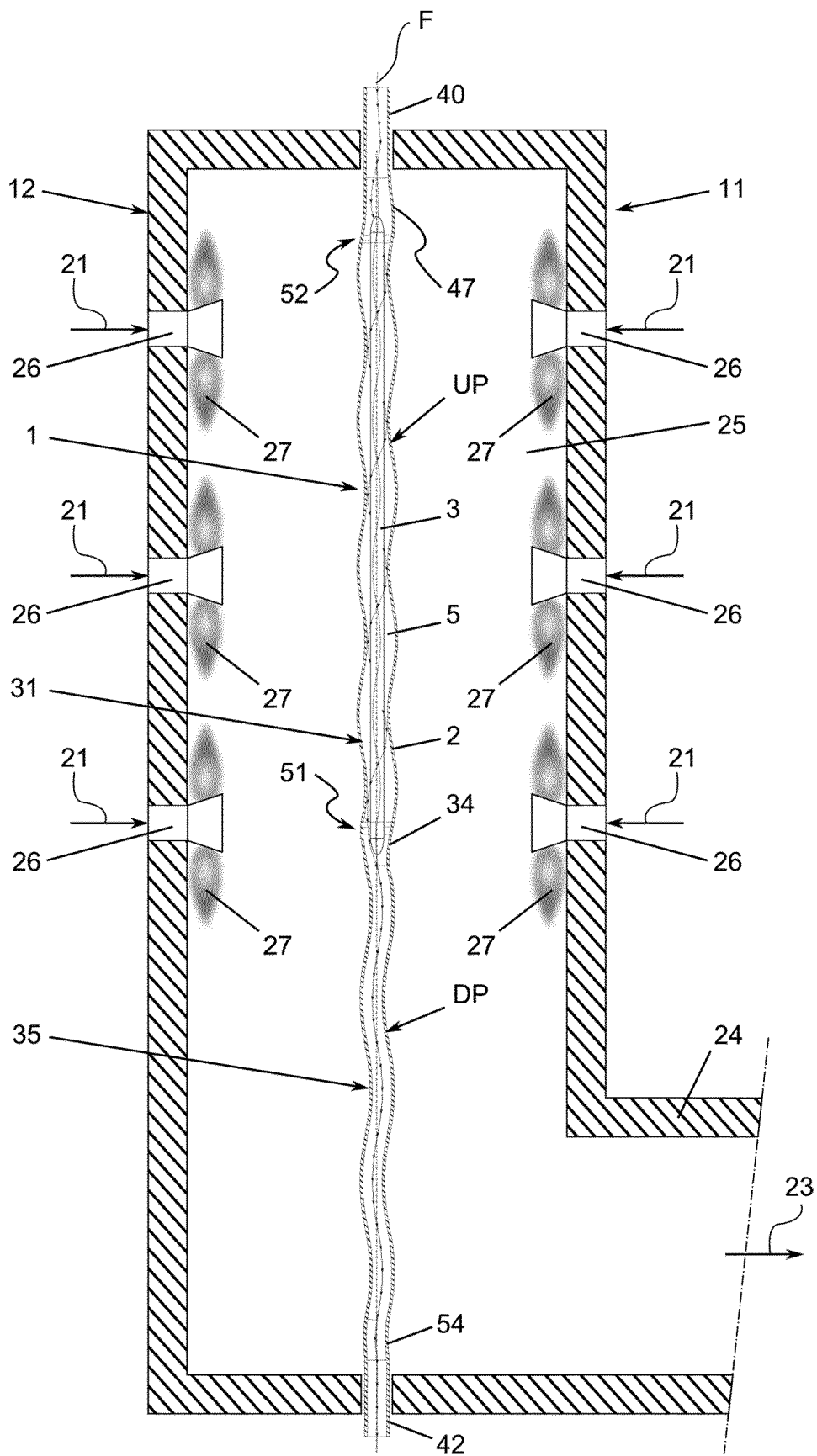


도면21

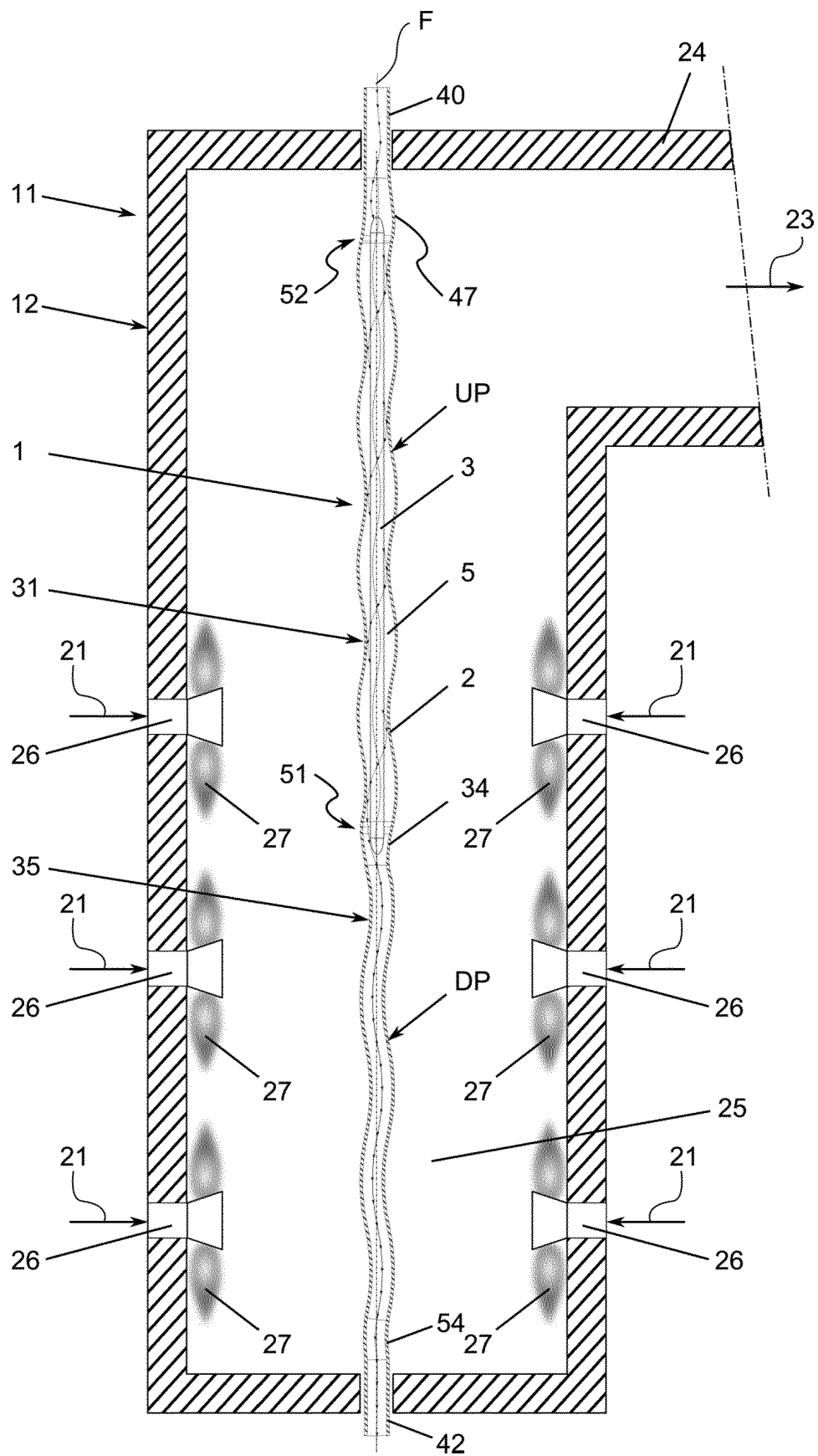




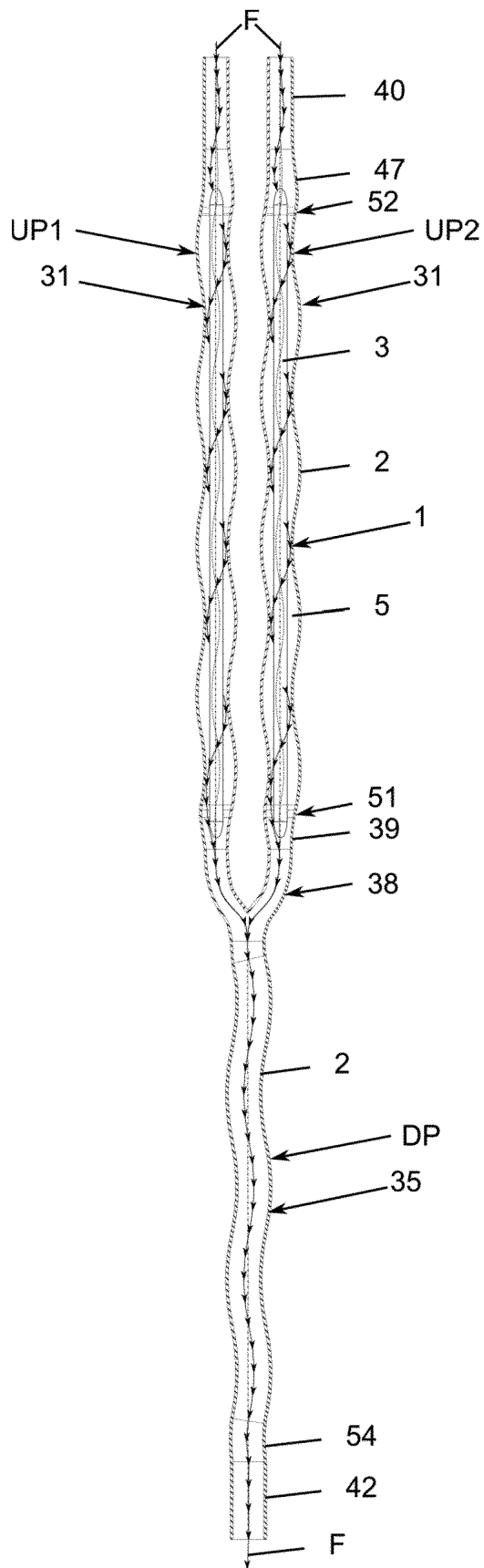
도면22



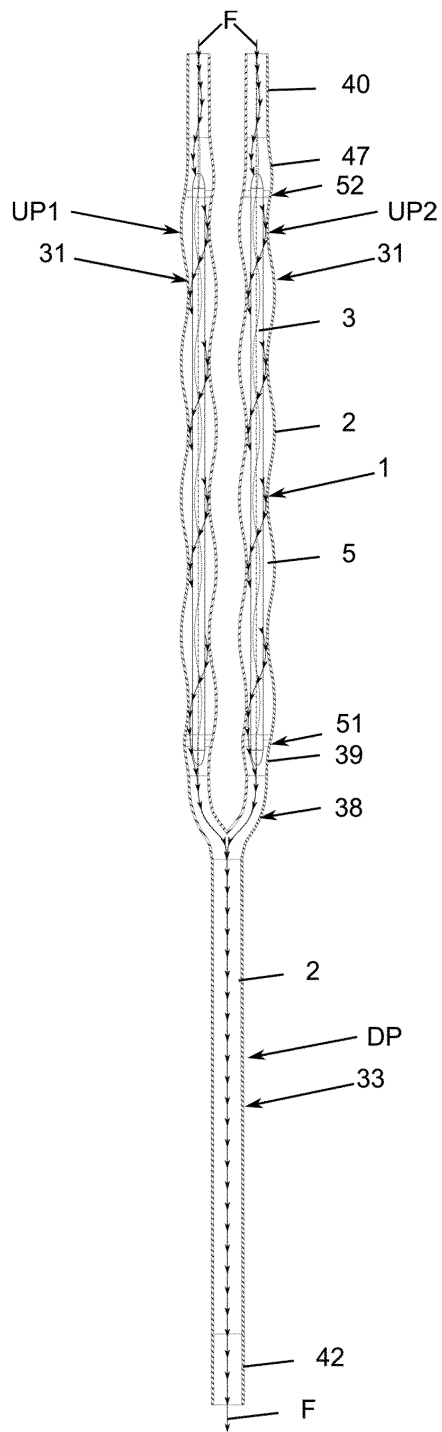
도면23



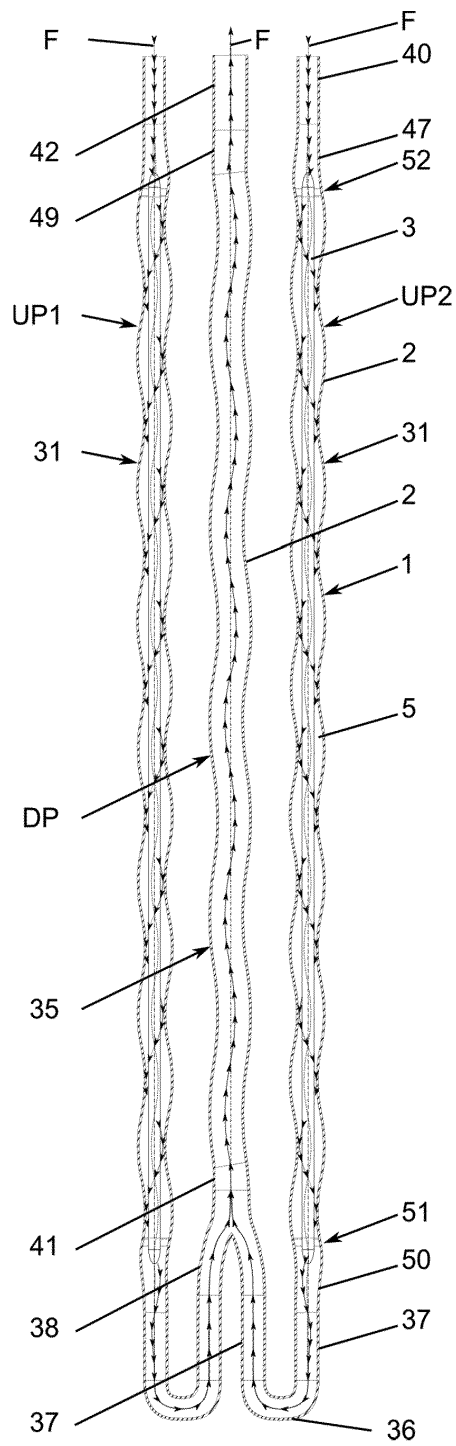
도면24



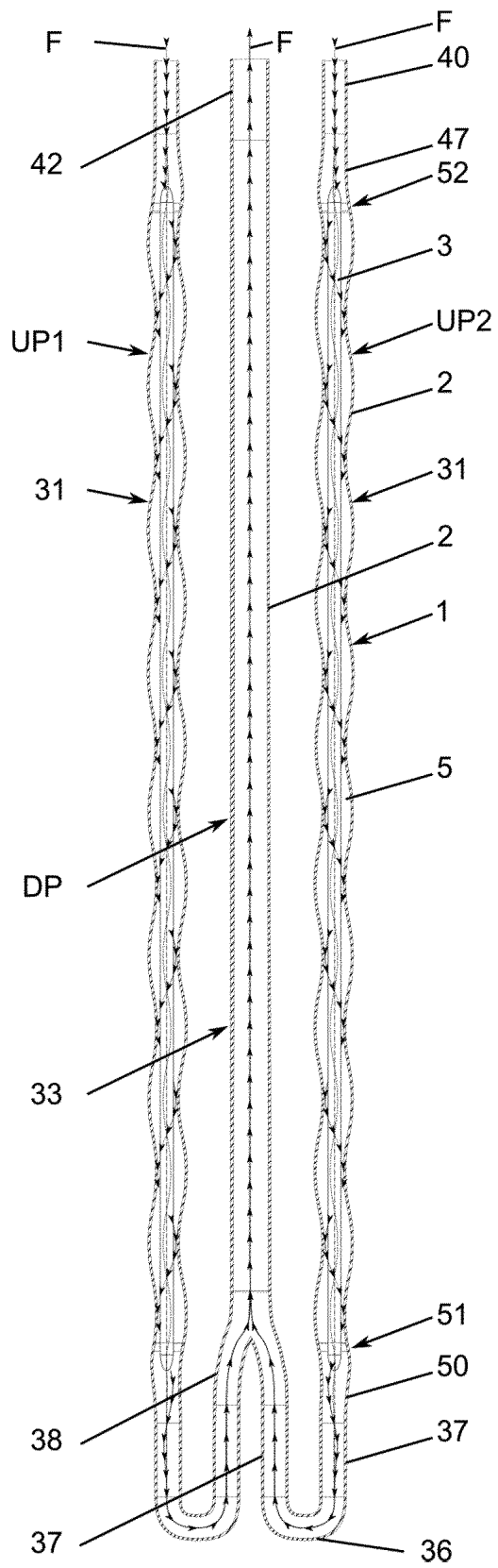
도면25



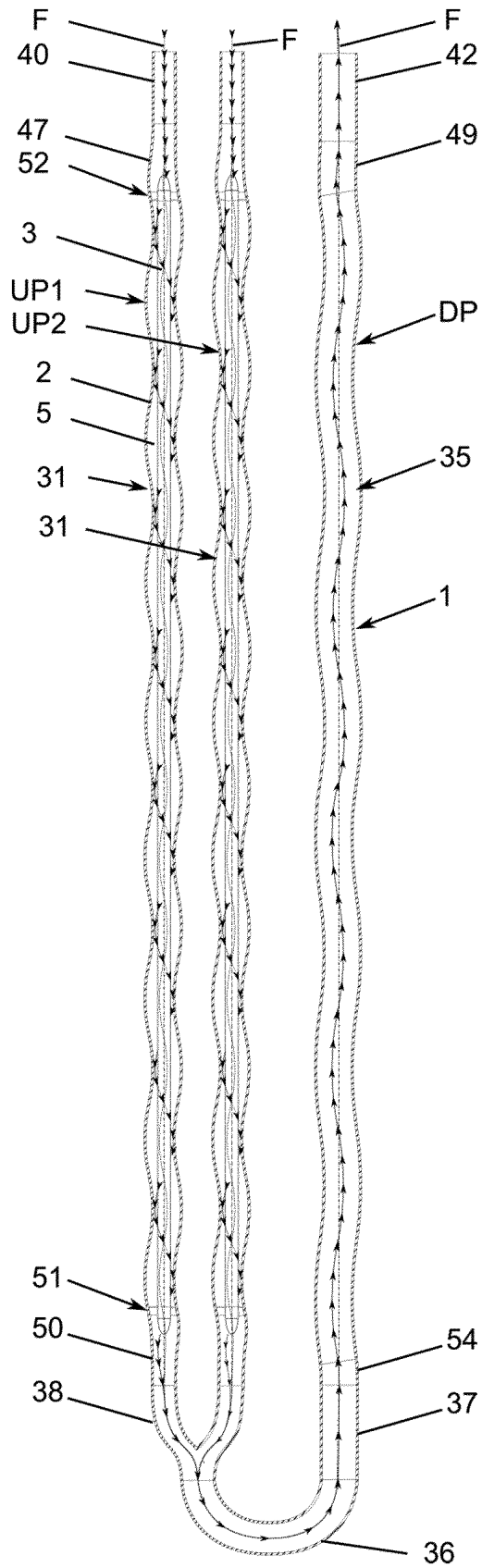
도면26



도면27



도면28





도면29

