



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월28일
(11) 등록번호 10-1011928
(24) 등록일자 2011년01월24일

(51) Int. Cl.

B01J 19/30 (2006.01) B01D 3/26 (2006.01)
B01D 15/08 (2006.01) B01D 53/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7009447

(22) 출원일자(국제출원일자) 2007년10월03일

심사청구일자 2010년07월12일

(85) 번역문제출일자 2009년05월07일

(65) 공개번호 10-2009-0079923

(43) 공개일자 2009년07월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/080279

(87) 국제공개번호 WO 2008/067031

국제공개일자 2008년06월05일

(30) 우선권주장

11/866,278 2007년10월02일 미국(US)

60/828,900 2006년10월10일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1019970005919 B1

US05882772 A1

전체 청구항 수 : 총 41 항

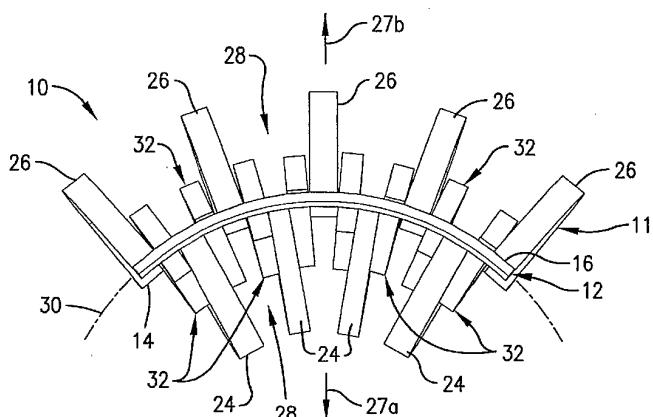
심사관 : 신귀임

(54) 랜덤 패킹 요소 및 이를 수용하는 칼럼

(57) 요 약

새들-형태의 랜덤 패킹 요소는 내부 체적을 형성하기 위하여 측면 부재들 사이에서 그리고 이로부터 연장된 복수의 내측 및 외측 립 요소와 횡방향으로 이격되고 아치형인 측면 부재가 제공된다. 하나 이상의 상대적으로 작은 립요소는 측면 부재로부터 연장되고, 내부 체적 내에 부분적으로 위치되어 패킹 요소의 표면 영역의 적어도 약 20%가 내부 체적 내에 배열된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

새들-형태의 랜덤 패킹 요소에 있어서, 상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소는, 만곡된 종방향 축을 상보적으로 형성하는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고 종방향으로 신장된 아치형 측면 부재,

내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 상기 측면 부재들 사이에 그리고 이로부터 연장된 한 쌍의 마주보게 연장된 아치형 내측 및 외측 립 요소, 및

상기 내부 체적 내에 부분적으로 배열되고 상기 내측 및 외측 아치형 립 요소 사이에 종방향으로 배열된 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하여 구성되며,

상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 20%이상이 상기 내부 체적 내에 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 외측 립 요소를 포함한 상기 내측 립 요소의 전체 개수는 3-20개의 범위인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 복수의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하고, 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 제 1 및 제 2 립 세그먼트를 형성하도록 불연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 반경방향의 상반된 방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 동일한 반경방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 패킹 요소는 토러스의 체적의 5%-50% 범위인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 패킹 요소는 상기 복수의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하고, 토러스의 체적의 10%-25% 범위인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 일반적으로 상기 외측 및 내측 립 요소는 상기 종방향 축으로부터 교대로 오정렬되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 외측 립 요소의 폭은 상기 하나 이상의 내측 립 요소의 폭보다 크거나 또는 이와 동일한 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 외측 립 요소의 폭은 5 밀리미터 미만이고, 상기 내측 립 요소의 폭은 1 밀리미터 이상인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 부분적으로 연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 패킹 요소의 상기 전체 표면 영역의 일부분은 텍스처링 가공되는(textured) 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 내측 및 외측 립 요소의 일부분은 컵형태의 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 패킹 요소는 금속으로 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 패킹 요소는 플라스틱으로 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 16

제 1 항에 있어서, 측면 부재들 중 하나 또는 양 측면 부재로부터 하나 또는 이보다 많은 내측 및 외측 립 요소와 상대적으로 작은 립 요소로 흐름을 안내하기 위하여 측면 부재들 중 하나 또는 양 측면 부재 내에 위치된 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 17

청구항 제 1 항의 복수의 패킹 요소를 포함한 패킹된 베드를 수용하는 칼럼 또는 리액터.

청구항 18

새들-형태의 랜덤 패킹 요소에 있어서,

만곡된 종방향 축을 상보적으로 형성하는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고 종방향으로 신장된 아치형 측면 부재, 내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 상기 측면 부재들 사이에 그리고 이로부터 연장된 한 쌍의 마주보게 연장된 아치형 내측 및 외측 립 요소, 및

상기 내부 체적 내에 부분적으로 배열되고 상기 내측 및 외측 아치형 립 요소 사이에 종방향으로 배열된 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하여 그구성되며,

상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 20% 이상이 상기 내부 체적 내에 형성되고, 상기 패킹 요소는 토러스의 체적의 10-25% 범위인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 외측 립 요소를 포함한 상기 내측 립 요소의 전체 개수는 5개인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 36%가 상기 내부 체적 내에 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 21

제 19 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 제 1 및 제 2 립 세그먼트를 형성하도록 불연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 반경방향의 상반된 방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 23

제 21 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 동일한 반경방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 24

제 19 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 25

제 18 항에 있어서, 상기 외측 립 요소를 포함한 상기 내측 립 요소의 전체 개수는 3개인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 26

제 25 항에 있어서, 상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 36%가 상기 내부 체적 내에 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 27

새들-형태의 랜덤 패킹 요소에 있어서,

만곡된 종방향 축을 상보적으로 형성하는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고 종방향으로 신장된 아치형 측면 부재, -내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 상기 측면 부재들 사이에 그리고 이로부터 연장된 한 쌍의 마주보게 연장된 아치형 내측 및 외측 립 요소, 및

-상기 내부 체적 내에 부분적으로 배열되고 상기 내측 및 외측 아치형 립 요소 사이에 종방향으로 배열된 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하여 구성되며,

상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 20%이상이 상기 내부 체적 내에 형성되고, 상기 외측 립 요소를 포함한 상기 내측 립 요소의 전체 개수는 5개인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 제 1 및 제 2 립 세그먼트를 형성하도록 불연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 반경방향의 상반된 방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 30

제 28 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 동일한 반경방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 31

제 28 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 32

새들-형태의 랜덤 패킹 요소에 있어서,

만곡된 종방향 축을 상보적으로 형성하는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고 종방향으로 신장된 아치형 측면 부재, -내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 상기 측면 부재들 사이에 그리고 이로부터 연장된 한 쌍의 마주보게

연장된 아치형 내측 및 외측 립 요소, 및

-상기 내부 체적 내에 부분적으로 배열되고 상기 내측 및 외측 아치형 립 요소 사이에 종방향으로 배열된 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하여 구성되며,

상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 36%가 상기 내부 체적 내에 형성되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 33

제 32 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 제 1 및 제 2 립 세그먼트를 형성하도록 불연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 34

제 33 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 반경방향의 상반된 방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 35

제 33 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 동일한 반경방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 36

제 33 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 37

새들-형태의 랜덤 패킹 요소에 있어서,

만곡된 종방향 축을 상보적으로 형성하는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고 종방향으로 신장된 아치형 측면 부재,

내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 상기 측면 부재들 사이에 그리고 이로부터 연장된 한 쌍의 마주보게 연장된 아치형 내측 및 외측 립 요소, 및

상기 내부 체적 내에 부분적으로 배열되고 상기 내측 및 외측 아치형 립 요소 사이에 종방향으로 배열된 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소를 포함하여 구성되며,

상기 새들-형태의 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 36%가 상기 내부 체적 내에 형성되고, 상기 패킹 요소는 토러스의 체적의 10-25% 범위이며, 상기 외측 립 요소를 포함한 상기 내측 립 요소의 전체 개수는 5개인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 38

제 37 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 제 1 및 제 2 립 세그먼트를 형성하도록 불연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 39

제 38 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 반경방향의 상반된 방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 40

제 38 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 립 세그먼트들은 동일한 반경방향으로 만곡되는 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

청구항 41

제 38 항에 있어서, 상기 하나 이상의 상대적으로 작은 립 요소는 연속적인 것을 특징으로 하는 패킹 요소.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 출원은 2006년 10월 10일에 출원에 가출원 제 60/828,900호를 우선권 주장하며, 이는 본 명세서에 참조문헌으로 일체 구성된다.
- [0002] 본 발명은 화학적 공정에 이용되는 물질 이송 장치 및 물질 이송 리액터 및 칼럼에 관한 것으로, 특히 이러한 리액터와 칼럼 내에서 이용하기 위한 랜덤 패킹 요소에 관한 것이다. 또한 본 발명은 이러한 랜덤 패킹 요소를 이용하고 제조하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 일반적으로 랜덤 또는 덤팅된 패킹 요소(dumped packing element)는 하부를 향하여 흐르는 유체, 일반적으로 액체 스트림과 상부를 향하여 흐르는 유체, 일반적으로 가스 또는 증기 스트림 또는 그 외의 다른 액체 스트림 사이에 물질 이송 표면을 제공하기 위하여 가스-액체 또는 액체-액체 접촉 타워 또는 칼럼 내에서 이용된다. 랜덤 패킹 요소는 예를 들어 수정(rectification), 스트립핑(striping), 프랙셔네이팅(fractionating), 흡수(absorbing), 분리(separating), 워싱(washing), 추출(extraction) 또는 임의의 그 외의 다른 화학적 열교환 또는 처리-타입 공정과 같은 다양한 화학적 및 처리 공정 내에서 이용된다. 일반적으로 개별 랜덤 패킹 요소는 주어진 물질 이송 표면 영역에 대한 성능을 최대화하기 위해 설계되며, 특정의 기하학적 형태를 가진다. 랜덤 패킹 요소가 임의의 방향으로 패킹된 베드 내에서 칼럼 쉘로 일반적으로 덤팅되거나 또는 랜덤하게 패킹되기 때문에, 개별 랜덤 패킹 요소는 패킹된 베드 내에서 다수의 회전 방향으로 위치될 때 높은 물질 이송 효율과 우수한 수압 용량(hydraulic capacity)을 가지는 것이 선호된다.
- [0004] 종래 기술의 랜덤 패킹 요소는 다양한 형태와 재료로 형성된다. 일반적으로, 랜덤 패킹 요소는 금속, 세라믹 타입의 재료, 플라스틱, 유리 또는 이와 유사한 것으로 제조된다. 통상적으로, 랜덤 패킹 요소는 원통형이고, 아치형이거나 또는 "새들-형태"이며, 또는 구형, 토로이달형 및 이와 유사한 형태를 가진다. 종래 기술의 랜덤 패킹 요소의 한 문제점은 종종 요소의 성능이 이의 형상에 상당히 의존되고 패킹된 베드 내에서 요소를 통한 유체 스트림의 유동 방향에 대한 방향에 의존되는데 있다. 예를 들어 Pall 링은 복수의 슬롯형 벽 및 내부 텅 또는 돌출부를 가진 잘 공지된 실린더 타입의 패킹이다. 종방향 축을 따라 볼 때, Pall 링은 물질 이송을 위한 매우 작은 표면 영역을 가지지만 종방향 축에 대해 수직하게 볼 때, 요소는 상당히 큰 표면 영역을 가진다. 이러한 차이점으로 인해, 최종적으로 요소의 방향에 따라 가변되는 증기/액체 또는 액체/액체 접촉을 위해 허용 가능한 표면 영역은 요소의 성능에 영향을 미친다. 추가적으로, Pall 링의 종방향 축에 대해 수직한 방향으로의 큰 표면 영역은 다운스트림 흐름 방향으로 바로 인접한 링들을 통한 유체 흐름을 차폐하고 차단하는 문제점을 가진다.

- [0005] 전체 체적을 통한 표면 영역의 상당히 균일한 분포를 가지는 랜덤 패킹 요소는 미국 특허 제 5,112,536호에 언급된다(하기에서 '536 특허로 언급됨). 본 명세서에 공개된 새들-형태의 랜덤 패킹 요소는 내부 체적을 형성하는 교대의 아치형 내측 및 외측 립 요소를 포함한다. 반면 '536 특허에 공개된 패킹 요소는 종래 기술의 그 외의 다른 랜덤 패킹 요소에 대한 개선점으로 제공하지만 이는 성능이 저하될 수 있는 한계점을 가진다. 예를 들어, '536 특허에 공개된 패킹 요소의 곡률로 인하여 내측 립 요소는 동일한 만곡 평면 내에서 함께 밀접하게 위치되며, 이에 따라 요소를 통과하는 유체 스트림에 대한 흐름 경로가 제한된다. 추가적으로, '536 특허의 패킹 요소의 립이 일반적으로 중앙의 종방향으로 정렬됨에 따라, 일반적으로 유체 스트림에 의해 만나는 제 1 립 요소는 유체 접촉으로부터 후속 립 요소를 차폐한다(shield). 이러한 차폐 효과는 물질 및/또는 열 전달을 위한 요소의 효과적인 표면 영역을 감소시킴으로써 물질 이송 효율을 감소시킬 수 있다.

- [0006] 그 외의 다른 타입의 랜덤 패킹 요소는 미국 특허 제 5,882,772호에 공개된다. 상기 특허에서, 복수의 개별 스트립이 제공되며, 각각의 스트립은 평면형 외측 웹 부착 영역들 사이에서 일반적으로 사인곡선의 방식으로 연장된다. 유사한 랜덤 패킹 요소가 미국 특허 제 5,543,088호에 공개되며, 여기서 복수의 스트립이 평면형 단부 부착 영역들 사이에서 연장된다. 양 특허에서, 개별 스트립들은 이의 중간 지점을 따라 서로 연결되고, 이에 따라 스트립들이 서로 무리를 지으며 이를 통해 가스의 통로가 차단되는 영역이 제공된다. 추가적으로, 패킹 요소는

평면형 외측 웨 또는 부착 영역의 변형을 방지하기 위하여 충분한 두께와 강도의 재료로 제조되어야 한다. 랜덤 패킹 요소는 상대적으로 얇은 게이지 재료(gauge material)를 이용하여 변형을 방지하는 형상을 가지는 것이 선호된다.

[0007] 따라서, 패킹된 베드 내에서 다수의 상이한 회전 방향으로 위치될 때 높은 물질 이송 효율과 우수한 수압 용량을 유지하는 랜덤 패킹 요소를 제공해야 한다. 바람직하게, 패킹 요소는 낭비 재료가 없거나 아주 작은 낭비 재료를 포함하도록 용이하게 제조되어야 하며, 상기 언급된 타입의 변형을 보다 용이하게 방지하는 형상을 가져야 한다.

발명의 상세한 설명

[0008] 한 특징에 있어서, 본 발명은 패킹 요소와 만나는 유체의 흐름 방향에 대해 다수의 회전 방향으로 위치될 때 일반적으로 균일한 개방 흐름 체적을 가진 새들-형태의 랜덤 패킹 요소를 제공하는 데 있다. 본 발명의 랜덤-새들 요소는 반경방향의 상향 플랜지를 포함할 수 있는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고, 종방향으로 신장되며 아치형의 측면 부재를 포함한다. 측면 부재는 본 발명의 패킹 요소의 종방향 축을 상보적으로 형성한다. 추가적으로 패킹 요소는 패킹 요소 내에서 내부 체적을 상보적으로 형성하기 위하여 측면 부재들 사이에서 그리고 이로부터 연장된 복수의 내측 및 외측 아치형 립 요소를 포함한다. 내측 및/또는 외측 립 요소는 패킹 요소의 종방향 축과 정렬될 수 있거나 또는 이로부터 교대로 오정렬될 수 있다. 외측 립 요소는 내측 립 요소의 폭의 2배 또는 최대 2 배 또는 2배보다 큰 폭을 가질 수 있다. 내측 및 외측 립 요소의 전체 개수는 약 3개 내지 20개의 범위일 수 있다. 립 요소를 기술하는데 용어 "아치형"의 이용은 "V" 형태 또는 곡선 및 직선의 조합물과 같은 다수의 직선뿐만 아니라 만곡된 형태를 가진 립 요소를 포함하는 것으로 의도된다.

[0009] 또한 본 발명의 새들-형태의 랜덤 패킹 요소는 내측 및 외측 립 요소보다 작은 높이의 하나 이상의 립 요소를 포함하고, 연속된 내측 및/또는 외측 립 요소 사이에 종방향으로 배열된다. 상대적으로 작은 립 요소는 하나 이상의 드립 지점을 포함하며, 패킹 요소의 내부 체적 내에 적어도 부분적으로 배열된다. 상대적으로 작은 립 요소는 적어도 부분적으로 연속적일 수 있거나 또는 하나 이상의 립 요소는 불연속적으로 형성될 수 있어서 자유단부를 각각 가지는 2개의 상대적으로 얇은 립 세그먼트가 형성된다. 립 세그먼트는 동일한 반경방향 또는 상반된 반경방향으로 만곡시킴으로써 독립적으로 위치될 수 있다.

[0010] 본 발명의 한 실시예에 따라서, 랜덤 패킹 요소의 전체 표면 영역의 적어도 약 20%가 내부 체적 내에 형성된다. 종래 기술의 랜덤 패킹 요소와 비교할 때, 본 발명의 요소의 형태와 형상은 패킹 요소가 리액터(reactor) 또는 칼럼(column) 내에서 패킹 베드 내의 다수의 상이한 회전 방향으로 위치될 때 보다 균일한 표면 영역 분포 및 상대적으로 덜 제한된 유체 흐름 경로를 제공함으로써 물질 이송 효율(mass transfer efficiency)이 증가된다.

[0011] 그 외의 다른 특징에 있어서, 본 발명은 물질 이송 베드 및 리액터 또는 이를 수용하는 칼럼에 관한 것으로, 이 내부에서 상기 기술된 복수의 랜덤 패킹 요소는 유체 스트림 사이에서 물질 및/또는 열 전달이 발생될 수 있는 영역을 제공하기 위하여 일반적으로 랜덤 방향으로 위치될 수 있다.

실시 예

[0018] 도 1 내지 도 13에 관해 상세히 언급하면, 본 발명에 따르는 새들-형태의 랜덤 패킹 요소(saddle-shaped random packing element)의 한 실시예는 일반적으로 도면부호(10)로 도시된다. 패킹 요소(10)는 부분적인 토러스(partial torus)의 형태로 형성된 활모양의 바디(arcuate body, 11)를 포함한다. 상기 아치형 바디(11)는 토러스의 체적의 10 내지 25 % 또는 약 5 내지 50%의 범위 내에 형성될 수 있다. 특정의 도시된 실시예에서, 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)는 완전한 토러스의 체적의 약 25%를 형성한다.

[0019] 패킹 요소(10)는 한 쌍의 횡방향으로 이격되고, 종방향으로 신장되며, 일반적으로 평행한 아치형 측면 부재(12, 14)를 포함한다. 선택적이지만 바람직하게, 상기 측면 부재(12, 14)는 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 종방향 단부의 방향으로 패킹 요소(10)의 표면을 따라 액체를 흐르게 하도록 제공되는 2개의 트로프(trough, 20, 22)를 형성하기 위하여 반경방향의 수직 플랜지 요소(16, 18)를 가진다. 플랜지(16, 18) 및 측면 부재(12, 14)의 아치형 형상은 변형을 방지하는 형상을 제공하며, 이에 따라 특정의 종래의 랜덤 패킹 요소에 비해 저렴하고 경량의 재료를 이용할 수 있다. 플랜지 요소(16, 18)에 추가적으로 또는 대체물로서, 측면 부재(12, 14)는 사인

곡선 또는 그 외의 다른 웨이브 프로파일(wave profile)로 형성되는 엠보싱 가공(embossing)에 의해 또는 그 외의 다른 방법에 의해 보강될 수 있다.

[0020]

또한, 랜덤 패킹 요소(10)는 각각 도면부호(24, 26)로 도시된 복수의 내측 및 외측 아치형 립 요소를 포함한다. 일반적으로, 립 요소(24, 26)는 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 길이를 따라 측면 부재(12, 14)들 사이에 그리고 이로부터 신장된다. 립 요소(24, 26)의 마주보는 단부들은 각각 측면 부재(12, 14)와 일체구성되거나 또는 이에 연결되다. 본 명세서에 이용된 용어 "외측 립 요소"는 패킹 요소의 아치형 바디(11)의 궤적(locus)으로부터 일반적으로 외측을 향하여 이격되는 방향으로 연장된 립 요소를 언급한다. 본 명세서에 이용된 용어 "내측 립 요소"는 패킹 요소의 아치형 바디(11)의 반경의 궤적을 향하여 일반적으로 내측을 향하는 방향으로 연장된 립 요소를 언급한다. 각각의 외측 및/또는 내측 립 요소(24, 26)는 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 반경을 따라 각각 외측 및/또는 내측을 향하여 연장될 수 있다. 대안으로, 몇몇의 또는 모든 내측 및/또는 외측 립 요소(24, 26)는 반경과 교차하는 각도로 연장될 수 있다. 일반적으로 화살표(27a, 27b)는 도 1에서 패킹 요소(10)에 대해 반경방향의 내측 및 반경방향의 외측을 향하는 방향을 각각 나타낸다. 내측 및 외측 립 요소(24, 26)의 전체 개수는 약 3개로부터 약 20 또는 5개로부터 17개의 범위로 형성될 수 있다. 4개의 내측 립 요소(24)와 5개의 외측 립 요소(26)는 패킹 요소(10)의 도시된 실시예에 도시된다.

[0021]

도 1 내지 도 13에 도시된 바와 같이, 내측 및 외측 아치형 립 요소(24, 26)는 측면 부재(12, 14)의 상부와 하부 사이에서 아치형 바디(11) 내에 일반적인 아치형 내측 체적(28)을 형성한다. 기체 및/또는 액체 통로용 내측 체적의 접근가능성(accessibility)은 내측 및 외측 아치형 립 요소(24, 26)의 크기, 형태 및 배향에 의해 부분적으로 이용될 수 있다. 한 실시예에서, 내측 및 외측 아치형 립 요소(24, 26)는 일반적으로 반경방향으로 각각 연장되고, 실질적으로 동일한 높이로 형성된다.

[0022]

립 요소(24, 26)는 중심의 종방향으로 정렬될 수 있거나 또는 도 2에 도시된 바와 같이 아치형 바디의 중앙 종방향 축으로부터 교대로 오정렬될 수 있다. 이러한 오정렬은 중앙에 정렬된 립 요소에 의해 형성되는 유체 접촉의 평면이기보다는 증기/액체 접촉의 지점들을 형성한다. 추가적으로, 오정렬은 연속적으로 중앙에 정렬된 립 요소로부터 야기되는 차폐 효과(shielding effect)를 최소화함으로써 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 내부 체적(28)을 통해 종방향 유체 흐름 경로를 개방하기 위해 제공된다. 게다가, 종방향 오정렬은 임의로 패킹된 베드 내에서 한 랜덤 패킹 요소(10)의 하나 또는 이보다 많은 립이 그 외의 다른 랜덤 패킹 요소의 하나 또는 이보다 많은 립 요소 내에 중첩되는 경향을 감소시킬 수 있으며, 이러한 현상은 종종 "네스팅(nesting)"으로 언급된다. 네스팅(nesting)은 물질 이송 효율(mass transfer efficiency)을 감소시키며, 패킹된 베드 내에서 액체 및 증기의 채널링을 촉진시킬 수 있다.

[0023]

각각의 내측 립 요소(24)와 각각의 외측 립 요소(26)의 폭은 특정 분야에서 선호되는 성능을 위해 독립적으로 선택될 수 있다. 예를 들어, 외측 립 요소(26)의 폭은 내측 립 요소(24)의 폭의 2배 또는 최대 2배 또는 이보다 큰 폭일 수 있다. 패킹 요소(10)의 아치형 바디의 곡률로 인해, 내측 아치형 립 요소(24)들은 도 1에 도시된 바와 같이 반경방향의 내측을 향하여 연장되기 때문에 서로 보다 인접하게 위치된다. 따라서, 상대적으로 좁은 내측 아치형 립 요소(24)는 화살표(27b)로 도시된 반경방향의 외측을 향하는 방향으로 패킹 요소(10)를 통해 흐르는 유체 스트림에 의해 형성되는 유체 경로 한정(flow path restriction)을 최소화시킬 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 아치형 바디(11)의 단부로부터 멀리 위치된 내측 립 요소(24)는 단부들에 보다 인접하게 위치된 내측 립 요소(24)보다 상대적으로 작은 폭을 가질 수 있으며, 이에 따라 보다 개방된 공간이 내측 립 요소(24)들 사이에 제공된다. 추가적으로 또는 대안으로, 내측 립 요소(24)의 개수는 감소될 수 있으며 및/또는 내측 립 요소는 인접한 내측 립 요소(24)들 사이에 보다 큰 공간을 제공하기 위해 반경방향으로부터 외측을 향하여 만곡될 수 있다.

[0024]

실례로써, 내측 아치형 립 요소(24)의 폭은 독립적으로 약 1 밀리미터(mm)보다 크거나, 약 1.5 mm보다 크거나 또는 2 mm보다 클 수 있다. 독립적으로, 외측 아치형 립 요소(26)의 폭은 과도하게 넓은 립 요소의 외측 또는 다운스트림 측면 상에 형성되는 침체된 로우-물질-이송 웨이크 영역(low-mass-transfer wake zone)이 형성되는 것을 방지하기 위하여 약 5 mm 미만, 약 4.5 mm 미만 또는 4 mm 미만일 수 있다. 일반적으로, 이러한 웨이크 영역은 랜덤 패킹 요소(10)의 물질 이송 효율을 감소시키는데 바람직하지 못하다.

[0025]

추가적으로, 패킹 요소(10)는 내측 및 외측 립 요소(24, 26)보다 작은 높이의 하나 또는 이보다 많은 상대적으로 작은 립 요소(32)를 포함한다. 상대적으로 작은 립 요소(32)는 연속된 교대 외측 및 내측 립 요소(24, 26) 사이에 종방향으로 배열되며, 한 실시예에서 측면 부재(12, 14)에 마주보는 단부에서 연결된다. 그 외의 다른 실시예에서, 하나 또는 이보다 많은 상대적으로 작은 립 요소(32)의 한 단부 또는 양 단부는 측면 부재(12, 14)

4)이기보다는 인접한 립 요소(32, 24, 26)에 결합될 수 있다. 상대적으로 작은 립 요소(32)는 패킹 요소(10)의 체적을 통해 물질 이송 표면을 보다 균일하게 분포시키기 위하여 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 내부 체적(28) 내에 적어도 부분적으로 위치된다. 일반적으로, 랜덤 패킹 요소(10)의 적어도 약 20%, 적어도 40% 또는 적어도 50%가 패킹 요소(10)의 아치형 바디(11)의 내부 체적(28) 내에 위치된다. 도시된 실시예에서, 랜덤 패킹 요소(10)의 전체 표면 영역의 약 38%가 내부 체적(28) 내에 위치된다.

[0026] 상대적으로 작은 립 요소(32)는 연속적이거나 또는 불연속적이거나 또는 이들의 조합일 수 있으며, 임의의 방식으로 만곡되거나 또는 형태가 형성될 수 있다. 한 실시예에서, 하나 또는 이보다 많은 상대적으로 작은 립 요소는 예를 들어 내부 아치형 공간(28) 내에서 드립 지점(drip point)들을 제공하는 하나 또는 이보다 많은 피크 및 트로프를 포함한 사인파의 형태로 연속적으로 형성되고 만곡될 수 있다. 본 명세서에 언급된 바와 같이, 용어 "드립 지점(drip point)"은 액체가 낙하되거나 또는 떨어질 수 있는 임의의 연속적 또는 불연속적 변부 또는 지점을 언급한다. 드립 지점으로 인해 이로부터 낙하하는 액체는 작은 액滴(droplet)을 형성하며, 이는 증기 접촉의 개선을 돋고, 이에 따라 물질 이송 효율이 증가된다.

[0027] 그 외의 다른 실시예에서, 하나 또는 이보다 많은 상대적으로 작은 립 요소(32)들이 절단될 수 있으며, 연속적으로 형성되고, 이에 따라 패킹 요소(10)의 내부 체적(26) 내에서 독립적으로 방향설정될 수 있는 2개의 립 세그먼트(34a, 34b)가 형성된다. 한 실례에 따라서, 립 세그먼트(34a, 34b)는 실질적으로 사인 웨이브의 형태로 형성될 수 있으며, 이의 자유 단부는 이격된 드립 지점들을 형성하기 위해 오프셋 설정된다. 그 외의 다른 실례에서, 립 세그먼트(34a, 34b)는 립 세그먼트들 사이를 통과하는 반경방향 평면에 대해 볼 대 서로 거울상을 형성하도록 동일한 반경방향으로 만곡될 수 있다.

[0028] 상대적으로 작은 립 요소(32)의 폭은 동일한 반경 방향으로 연장된 내측 및 외측 립 요소(24, 26)의 폭과 동일하거나 또는 상이할 수 있다. 도시된 패킹 요소(10) 내에서, 각각의 상대적으로 작은 립 요소(32)는 아치형 바디(11)의 단부로부터 내측을 향하여 위치된 2개의 내측 립 요소(24)와 대략적으로 동일한 폭을 가진다.

[0029] 내측 및 외측 립 요소(24, 26) 및 패킹 요소(10)의 종방향 길이를 따르는 상대적으로 작은 립 요소(32)의 개수와 배열은 특정 분야에 적합해지도록 가변될 수 있다. 바람직하게, 립 요소(24, 26, 32)는 이의 각각의 단부에서는 제외하고 전체 길이를 따라 인접한 립 요소(24, 26, 32)들로부터 이격된 상태로 유지되며, 이에 따라 패킹 요소(10)는 패킹 요소(10)를 통해 유체의 선호되는 흐름을 차단하기 위한 기회를 감소시키는 보다 개방된 형상을 가진다. 한 패킹 요소(10) 내에서 립 세그먼트(34a, 34b)에 대한 기회를 감소시키기 위해 그 외의 다른 패킹 요소(10) 내에서 립 요소(24, 26, 32, 34b)를 후크 고정하기 위하여, 립 세그먼트(34a, 34b)는 패킹 요소(10)의 종방향 단부 상에 배열시키지 않는 것이 선호된다. 따라서, 립 세그먼트(34a, 34b)는 패킹 요소의 종방향 단부의 내측을 향하여 배열되는 것이 선호되며, 이에 따라 상기 립 세그먼트들은 패킹 요소(10)의 단부에 위치되는 립 요소(24, 26, 32)에 의해 보호된다.

[0030] 패킹 요소(10)의 도시된 실시예에서, 각각의 상대적으로 작은 립 요소(32)는 한 쌍의 내측 및 외측 립 요소(24, 26)들 사이에 위치된다. 물론, 한 쌍의 외측 립 요소(26)들 사이에서, 한 쌍의 내측 립 요소(24)들 사이에서 또는 임의의 쌍의 립 요소(32), 내측 립 요소(24) 및 외측 립 요소(26)들 사이에서 각각의 상대적으로 작은 립 요소(32)를 독립적으로 위치시키는 것이 가능하다. 패킹 요소(10)의 도시된 실시예에서, 내측 립 요소(24)는 패킹 요소(10)의 단부에 위치되며, 4개의 상대적으로 작은 립 요소(32)는 교대의 내측 및 외측 립 요소(24, 26)들 사이에 분포되고, 2개의 중앙에 위치된 상대적으로 작은 립 요소(32)는 동일한 길이의 립 세그먼트(34a, 34b)를 형성하기 위해 절단된다. 다양한 립 요소(24, 26, 32, 34a, 34b)의 개수와 배열은 특정 분야에 적합하도록 가변될 수 있다.

[0031] 본 발명의 패킹 요소의 그 외의 다른 실시예는 도 14 내지 도 26에 도시되며, 도면부호(110)로 전체적으로 지시된다. 패킹 요소(110)는 패킹 요소(10)와 유사하며, 앞에 붙여진 "1"의 도면부호는 유사한 요소들을 지시하기 위해 이용된다.

[0032] 패킹 요소(110)는 부분적인 토러스의 형태로 형성된 아치형 바디(111)를 포함한다. 아치형 바디(111)는 토러스의 체적의 약 15%로 형성된다. 패킹 요소(110)는 아치형 바디(111)의 종방향 단부로 액체를 통과시키는 트로프(120, 122)를 각각 형성하는 플랜지 요소(116, 118)를 포함한 만곡된 측면 부재(112, 114)를 포함한다.

[0033] 내측 아치형 립 요소(124)는 아치형 바디(111)의 양 종방향 단부에 위치되며, 외측 아치형 립 요소(126)는 측면 부재(112, 114)를 따라 중간 위치에 배열된다. 일반적으로 내측 립 요소(124)는 화살표(127a)로 도시된 반경방향의 내측을 향하는 방향으로 연장되며, 외측 립 요소(126)는 화살표(127b)로 도시된 반경방향의 외측을 향하는

방향으로 연장된다. 내측 및 외측 립 요소(124, 126)는 함께 중앙 종방향 축(130)을 가진 일반적으로 아치형 내부 체적(128)을 형성한다.

[0034] 4개의 상대적으로 작은 립 요소(132)는 인접한 쌍의 내측 및 외측 립 요소(124, 126)들 사이에 위치된다. 각각의 2개의 최내측의 상대적으로 작은 립 요소(132)는 불연속적이며, 립 세그먼트(134a, 134b)를 형성한다. 립 세그먼트(134a, 134b)와 립 요소(124, 126, 132)는 패킹 요소(10) 내에서 대응 요소에 관하여 상기에서 언급된 바와 같이 구성되고, 배열되며 및 방향설정될 수 있다. 도시된 실시예에서, 랜덤 패킹 요소(110)의 전체 표면 영역의 약 36%가 내부 체적(128) 내에 위치된다. 바람직하게, 립 요소(124, 126, 132)는 이의 각각의 단부에서는 제외하고 이의 전체 길이를 따라 인접한 립 요소(124, 126, 132)들로부터 이격된 상태로 유지되며, 이에 따라 패킹 요소(110)는 패킹 요소(110)를 통과하는 유체의 선호되는 흐름을 차단하기 위한 기회가 감소되는 보다 개방된 형태를 가진다.

[0035] 본 발명의 랜덤 패킹 요소(10, 110)는 예를 들어 세라믹, 플라스틱 또는 금속을 포함하는 다양한 재료로 제조될 수 있다. 랜덤 패킹 요소(10, 110)는 요소의 표면의 적어도 일부분을 가공 경화시키고, 텍스처링 가공(texturing)하며, 요소의 적어도 일부분의 양 측면 또는 한 측면 상에서 오목부(dimple)를 이용하여 요소의 표면의 적어도 일부분을 엠보싱 가공하고(embossing) 및/또는 패킹 요소(110)에 대해 도시된 바와 같이 다양한 립 요소(124, 126, 130)에 대해 만곡된 횡단면을 엠보싱 가공함으로써 강화될 수 있다. 바람직하게, 만곡된 횡단면은 트로프(120, 122)를 따라 유체의 흐름을 차단하기 제공된 구조물을 제공하고, 패킹 요소(110)의 단부로 흐르도록 허용하기보다는 립 요소(124, 126, 132)로 재방향설정하기 위하여 측면 부재(112, 114)로 충분히 멀리 연장된다. 오목부 또는 그 외의 다른 흐름 차단 구조물들이 동일한 목적을 구현하기 위하여 트로프(120, 122) 내에 위치될 수 있다. 또한 동일한 구조물이 패킹 요소(10)와 함께 이용될 수 있다.

[0036] 랜덤 패킹 요소(10, 110)는 다양한 기술을 이용하여 제조될 수 있다. 한 실시예에서, 본 발명의 랜덤 패킹 요소는 본 명세서에 참조문헌으로 일체구성된 미국 특허 제 5,112,536호에 기술된 방법에 의해 제조될 수 있으며, 여기서 패킹 요소는 단일의 평평한 시트 재료로 각각 제조되며, 측면 부재와 함께 내측, 외측 및 상대적으로 작은 립 요소는 시트 재료의 전체 표면 영역을 실질적으로 포함한다.

[0037] 도 27에 따라서, 복수의 랜덤 패킹 요소(10, 110)는 증기/액체 또는 액체/액체 접촉 타워(36) 내에서 및/또는 리액터 내에서 열 전달 표면 영역 및/또는 물질을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 랜덤 패킹 요소(10 및/또는 110)는 패킹된 베드(38)를 형성하기 위하여 칼럼 또는 리액터(36) 내에서 적합한 지지부로 덤팅될 수 있으며(dump) 또는 칼럼 또는 리액터(36) 내에 배치하기에 앞서 일반적으로 임의의 방향으로 패킹된 베드 포메이션(packed bed formation) 내에 사전-배열될 수 있다. 본 발명의 패킹 요소의 사전-언급된 형태와 형상은 개방되고 용이하게 접근 가능한 유체 흐름 경로를 형성하며, 다수의 각도로 볼 때 상대적으로 균일한 표면 영역 분포를 형성하고, 이는 일반적으로 방향-독립적 요소 성능을 야기한다.

[0038] 하기 실례는 본 발명의 랜덤 패킹 요소의 방향-독립적 성능(orientation-independent performance)을 나타내며, 본 발명의 범위를 제한하기 위함은 아니다.

[0039] 실례 1

[0040] 물질 이송 계수(mass transfer coefficient)는 3가지의 상이한 랜덤 패킹 요소, 비교 요소 1, 미국 특허 제 4,303,599호에 기술된 타입의 새들-형태의 랜덤 패킹, 비교 요소 2, 미국 특허 제 5,882,772호에 기술된 타입의 새들-형태의 랜덤 패킹 요소 및 본 발명의 요소 3, 도 1 내지 도 13에 도시된 패킹 요소(10)에 대해 계산된다.

[0041] 각각의 패킹 요소에 대한 물질 이송 계수는 하기 테이블 1에서 A 내지 I로 표시된 상이한 패킹 방향에 대해 계산된다. 방향 A 내지 I는 3가지의 직교좌표 축의 기저 위치로부터 0° , 45° 및 90° 로 배열된다. 각각의 패킹 요소에 대해, 물질 이송 계수는 각각의 위치 A 내지 위치 I들 사이에서 최대 물질 이송 계수로부터 최소 물질 이송 계수를 뺏으로써 측정된다. 그 뒤, 각각의 패킹 요소에 대한 평균 물질 이송 계수는 각각의 방향 A 내지 I에 대해 계산된 개별 물질 이송 계수를 평균화시킴으로써 결정된다.

[0042] 일반적으로 상대적으로 높은 물질 이송 계수는 상대적으로 높은 물질 이송 효율을 가진 요소를 나타내며, 상대적으로 좁은 물질 이송 계수 범위는 가변 방향을 포함하는 요소의 성능 내에서 작은 가변성(variability)을 나타낸다. 방향 A 내지 I에 대한 물질 이송 계수, 물질 이송 계수 범위 및 비교 요소(1, 2) 및 본 발명의 요소(3)에 대한 평균 물질 이송 계수가 테이블 1에 도시된다.

[0043]

테이블 1: 랜덤 패킹 요소에 대한 물질 이송 계수

방향	비교 요소 1	비교 요소 2	본 발명의 요소 3
A	1.00	1.02	1.18
B	1.05	1.02	1.09
C	0.97	0.87	1.09
D	0.96	1.02	1.20
E	1.05	1.02	1.18
F	1.08	0.98	1.09
G	1.07	1.00	1.10
H	1.08	1.00	1.13
I	1.10	1.06	1.12
범위	0.19	0.14	0.11
평균	1.04	1.00	1.13

[0044]

테이블 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 요소(3)는 상대적으로 낮은 물질 이송 계수 범위, 각각의 방향에 대한 상대적으로 높은 물질 이송 계수 및 비교 요소(1, 2)에 대한 상대적으로 높은 평균 물질 이송 계수를 가진다. 따라서, 본 발명의 요소(3)는 비교 요소(1, 2)에 비해 보다 효율적이고, 보다 낮은 방향-특정 성능을 가진다.

[0045]

실례 2

으로 이용되는 랜덤 패킹의 4가지의 타입의 성능을 비교하기 위해 테스트가 수행된다. 경탄화수소의 혼합물이 전환류(total reflux)에서 증류된다. 타워는 대기 압력, 상당히 일반적으로 혼합물이 산업에서 가공되는 조건, 랜덤 패킹이 종종 이용되는 상태보다 상당히 높은 압력에서 작동된다. 타워의 직경과 베드의 깊이는 산업상 해당 데이터가 생성될 수 있도록 충분히 크다. 패킹된 베드의 하부 및 상부로부터의 액체 샘플은 패킹 효율을 측정하기 위해 분석된다. 패킹의 최대 용량은 베드의 상층으로부터 엔트레인먼트(entrainment) 및 임의의 추가 열 인풋(heat input)에 따라 매우 가파르게 증가된 압력 하강이 상당할 때까지(효율 손실) 열 인풋을 증가시킴으로써 정해진다. 비교 테스트의 결과치들이 테이블 2에 도시된다.

[0046]

테이블 2

[0047]

패킹 타입	상대 용량	상대 효율	상대적인 특정 표면 영역
새들-형태의 고성능 금속 랜덤 패킹: 작은 크기	1.00	1.28	1.66
새들-형태의 고성능 금속 랜덤 패킹: 상대적으로 큰 크기	1.09	1.00	1.10
사인 곡선 형태의 금속 랜덤 패킹: 작은 크기	1.09	1.13	1.45
사인 곡선 형태의 금속 랜덤 패킹: 상대적으로 큰 크기	1.17	0.89	1.00
본 발명의 요소	1.09	1.22	1.12

[0048]

테스트 결과치들에 따르면, 본 발명의 요소가 비교 패킹 요소에 비해 상대적으로 작은 특정 표면 영역을 이용하여 동일하거나 또는 상대적으로 높은 상대 용량 및/또는 상대적으로 높은 상대 효율이 달성된다. 따라서, 본 발명의 요소는 작은 상대적인 특정 표면 영역을 이용하여 선호되는 상대 용량과 상대 효율 모두가 구현된다.

[0049]

전술한 바로부터, 본 발명은 구조물에 따른 그 외의 다른 장점과 함께 상기 언급된 모든 목적을 구현하기에 적합하다.

[0050]

특정 특징들과 하위 조합물들이 이용되며, 그 외의 다른 특징들과 하위조합물들을 참조하지 않고 이용될 수 있다. 이는 본 발명의 범위 내에 있으며 고려되어야 한다.

산업상 이용 가능성

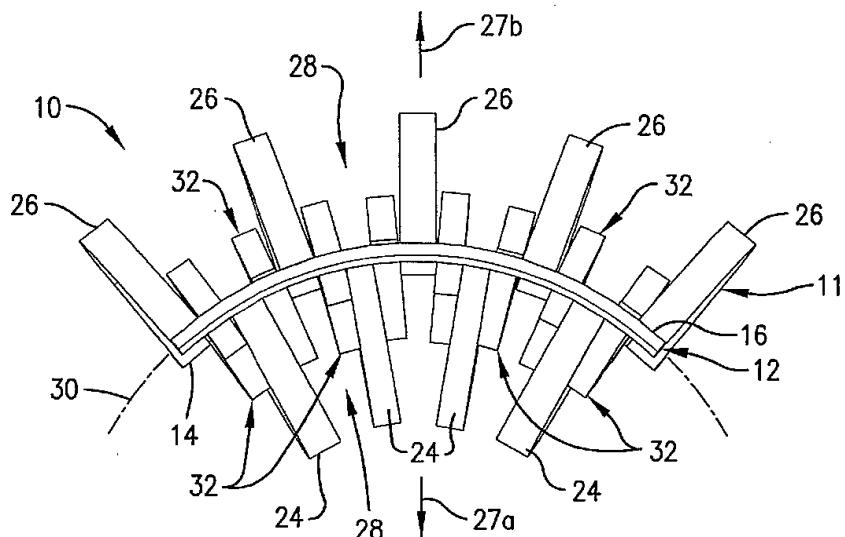
[0053] 임의의 가능한 실시예들이 본 발명의 범위로부터 벗어남이 없이 본 발명을 구성함에 따라 첨부된 도면에 도시되거나 또는 기술된 모든 특징들은 도식적이고 비제한적인 방식으로 설명되어야 한다.

도면의 간단한 설명

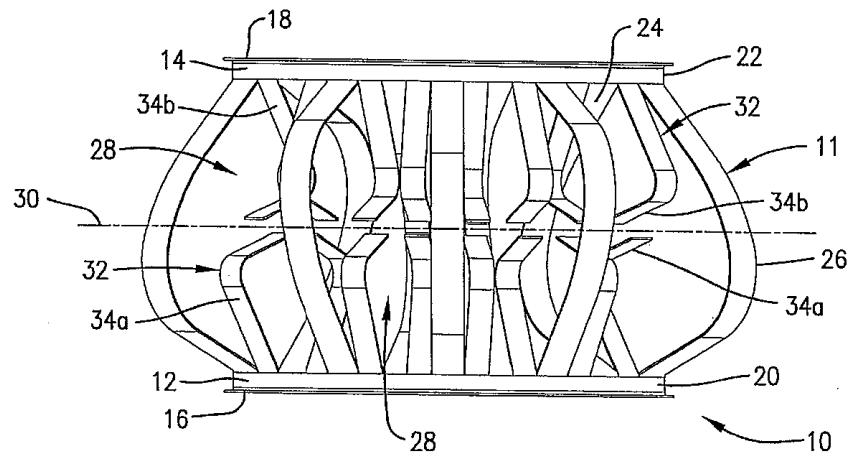
- [0012] 명세서의 일부분을 형성하고 이에 따라 읽혀지는 첨부된 도면에서 동일한 도면 부호는 다양한 도면에서 동일한 부분을 나타내기 위해 이용된다.
- [0013] 도 1은 본 발명의 랜덤 패킹 요소의 한 실시예의 측면도.
- [0014] 도 2는 도 1에 도시된 다소 확대된 크기로 도시되는 도 1에 도시된 랜덤 패킹 요소의 상측 평면도.
- [0015] 도 3 내지 도 13은 도 1 및 도 2에 도시된 랜덤 패킹 요소의 다양한 투시도.
- [0016] 도 14 내지 도 26은 본 발명에 따라 구성된 랜덤 패킹 요소의 그 외의 다른 실시예의 다양한 투시도.
- [0017] 도 27은 본 발명의 랜덤 패킹 요소로부터 형성된 패킹된 베드를 수용하는 칼럼 또는 리액터의 부분적인 도면.

도면

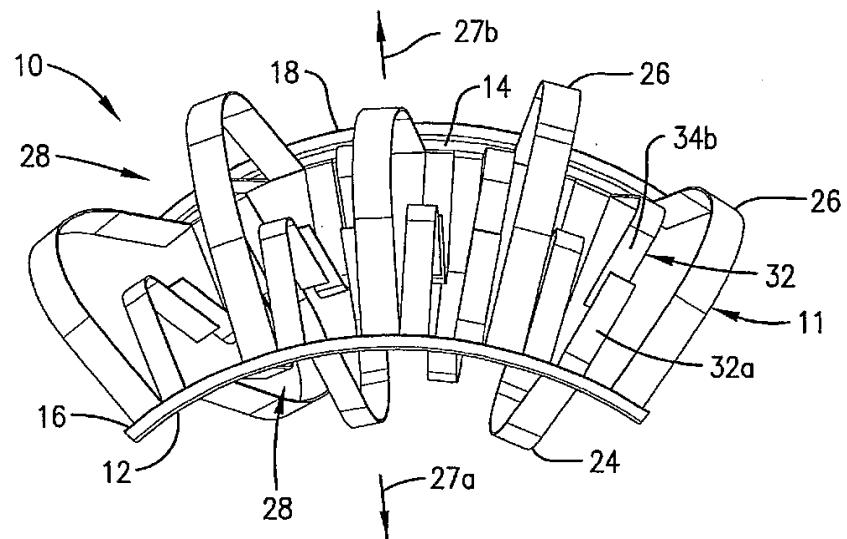
도면1



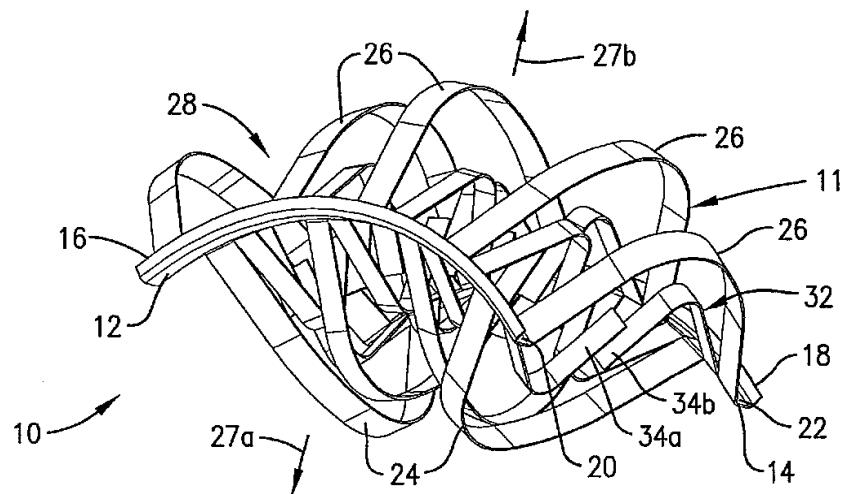
도면2



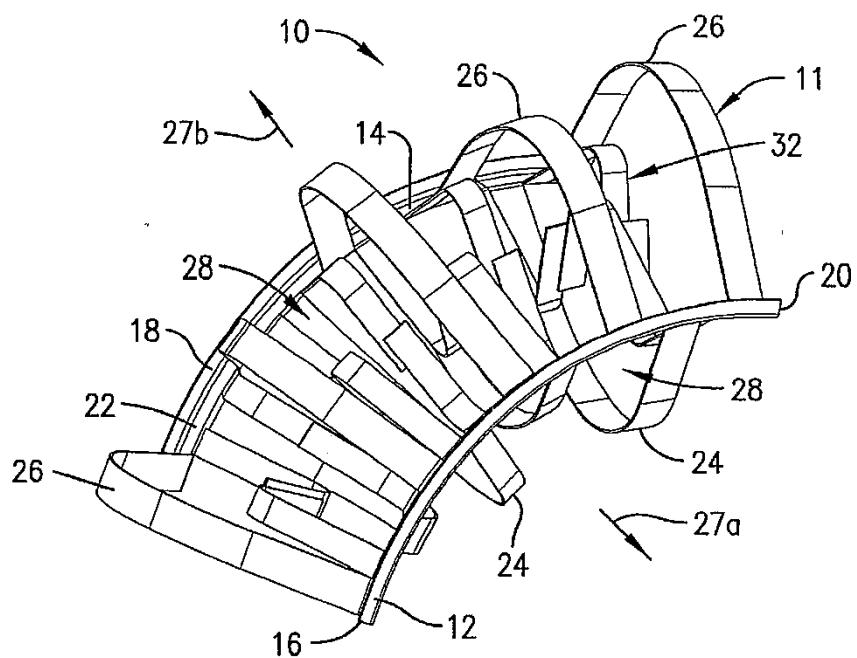
도면3



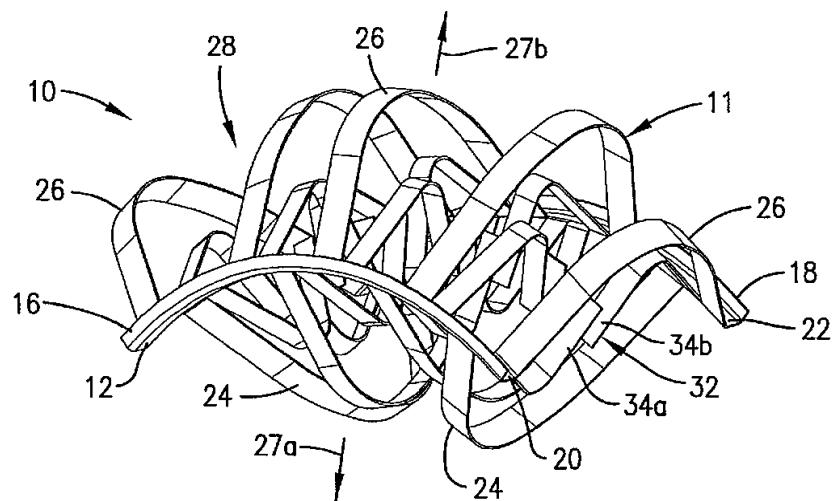
도면4



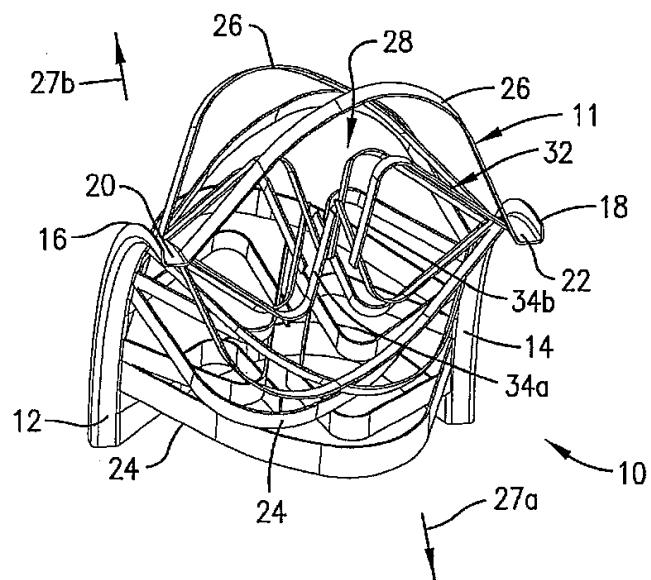
도면5



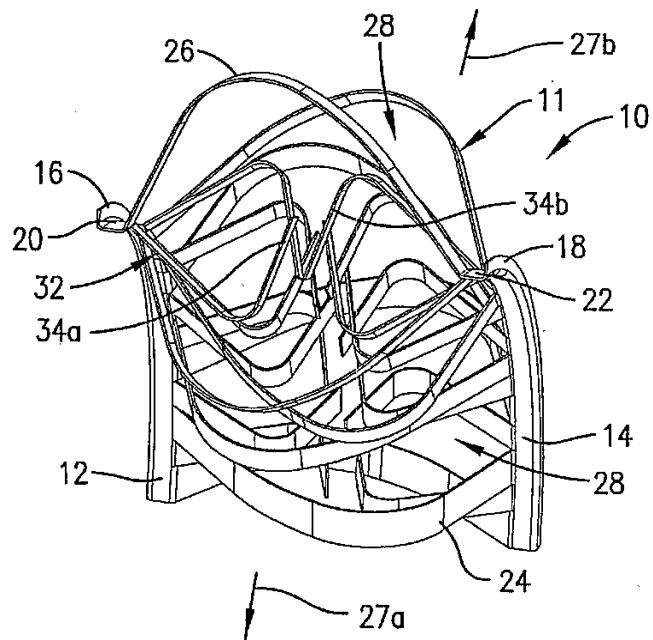
도면6



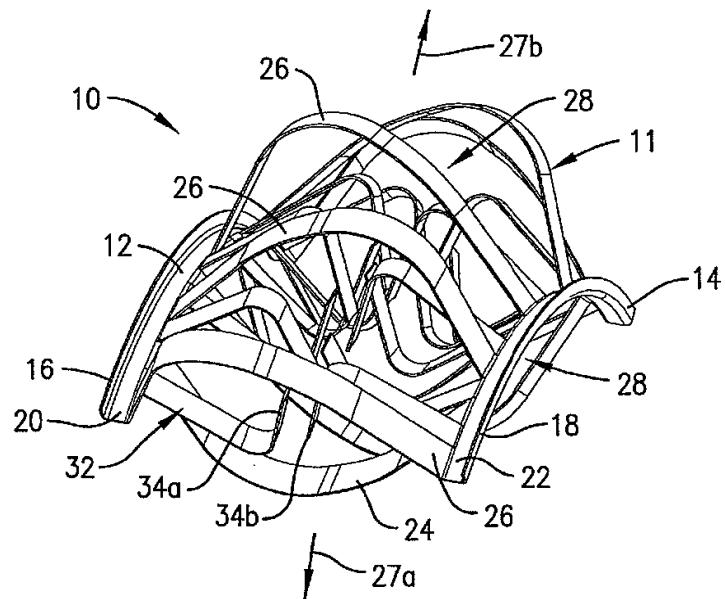
도면7



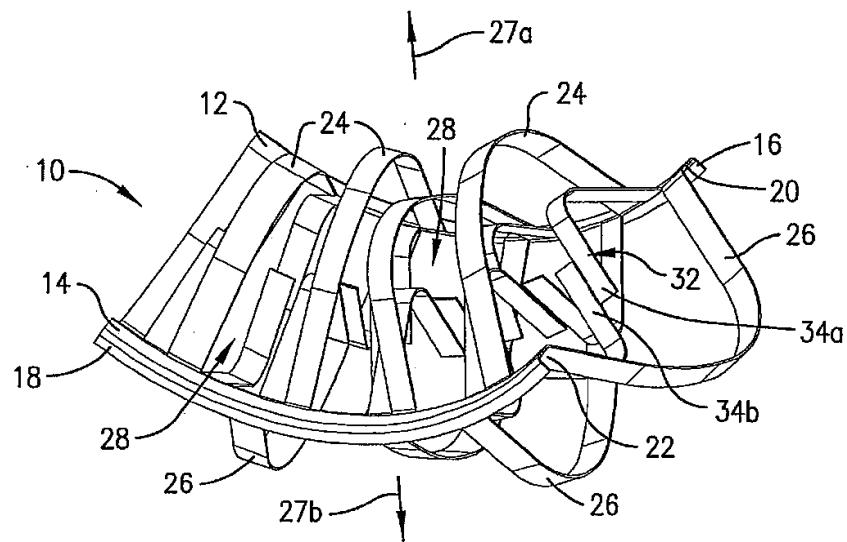
도면8



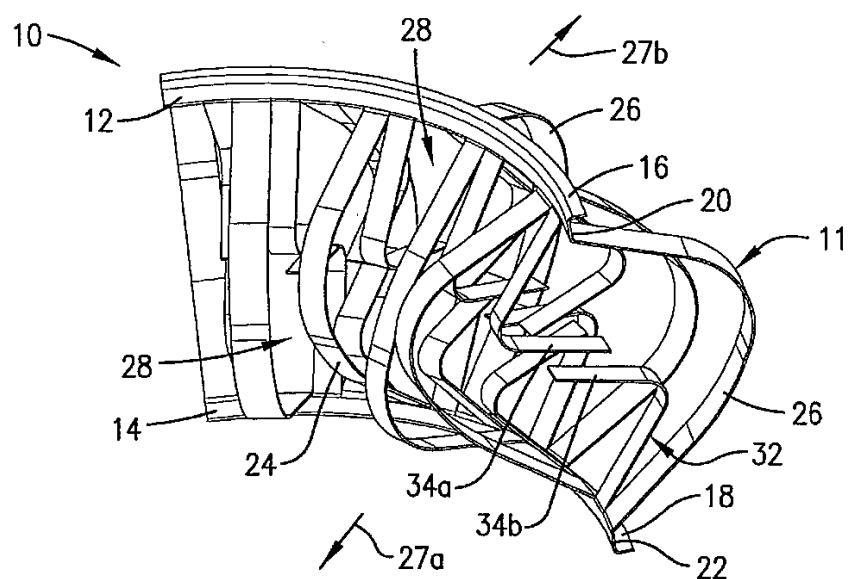
도면9



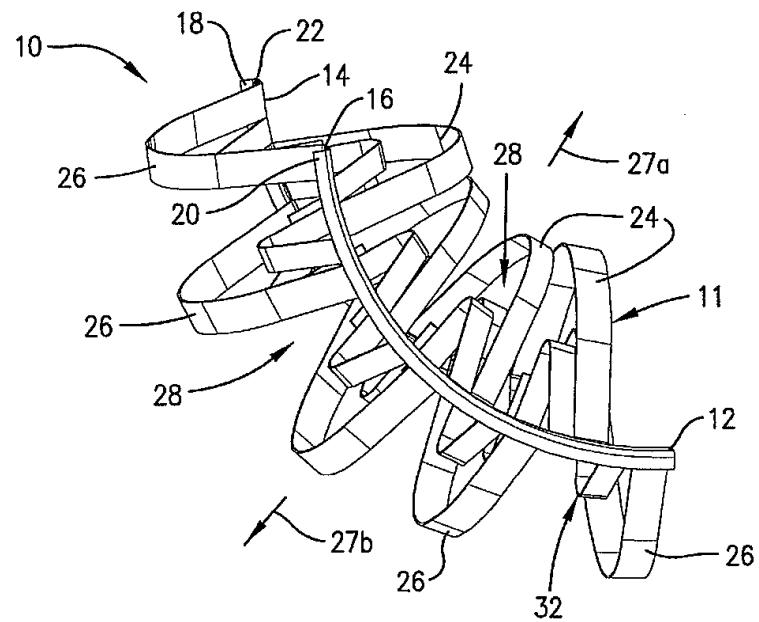
도면10



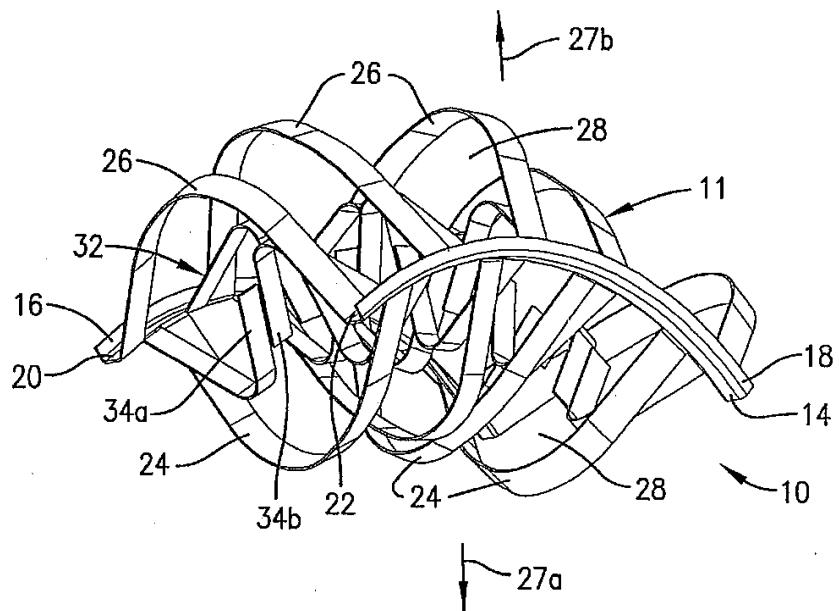
도면11



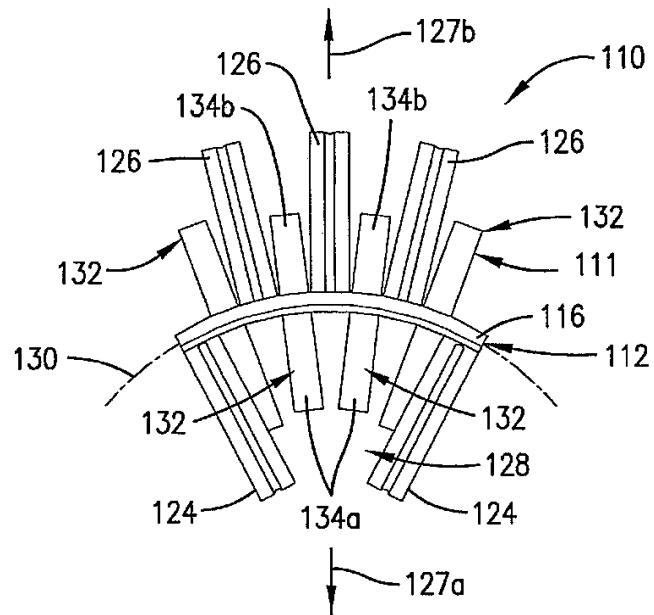
도면12



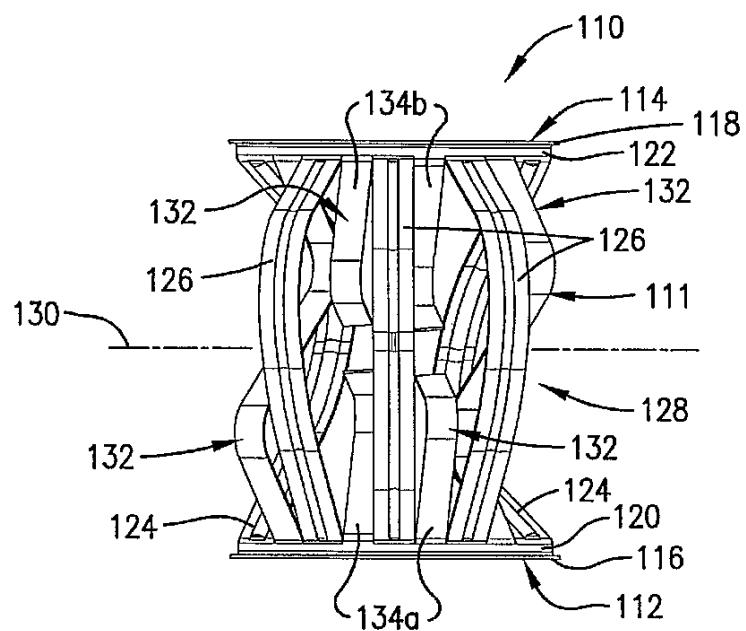
도면13



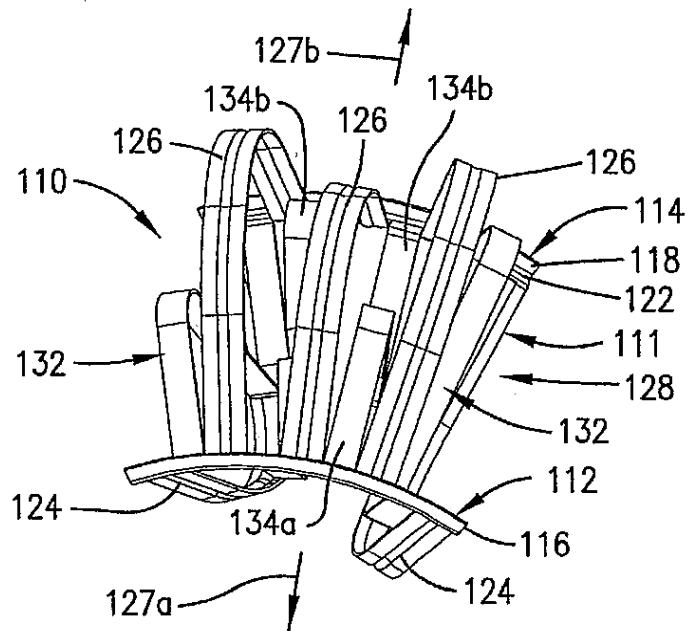
도면14



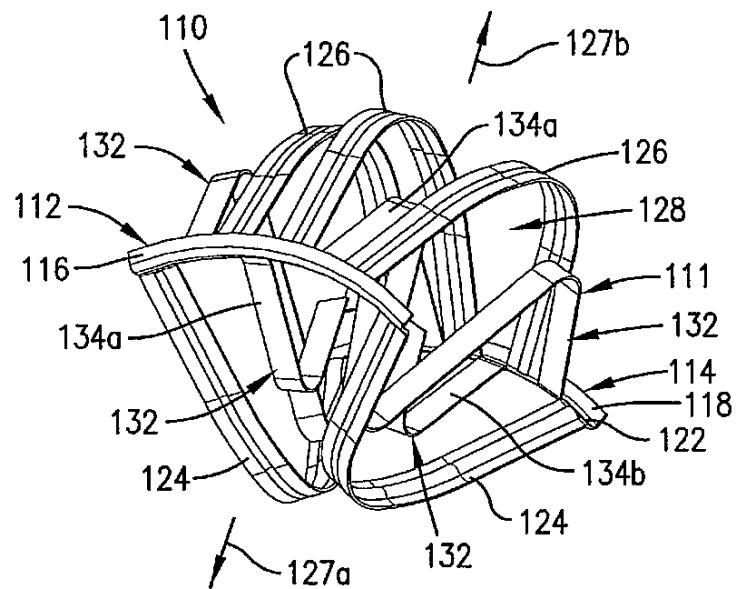
도면15



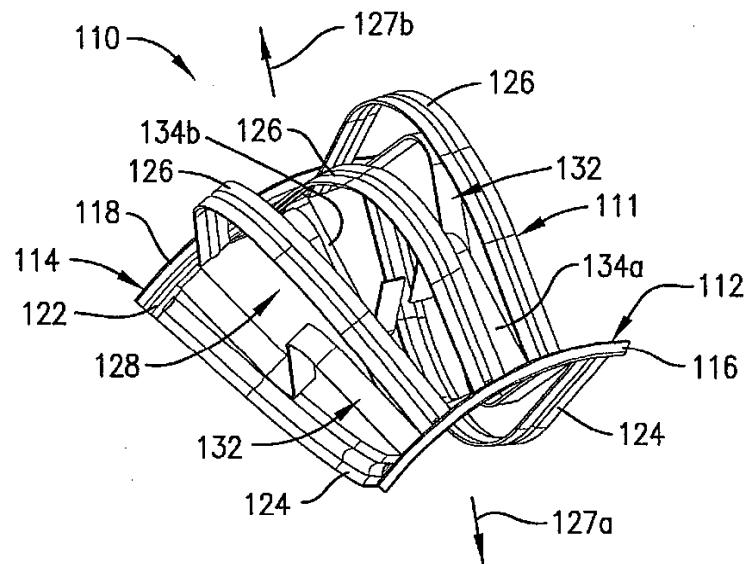
도면16



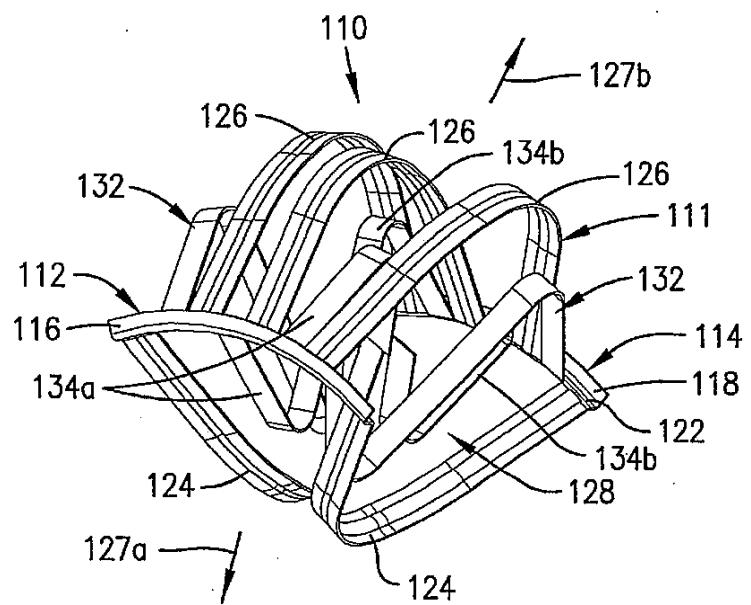
도면17



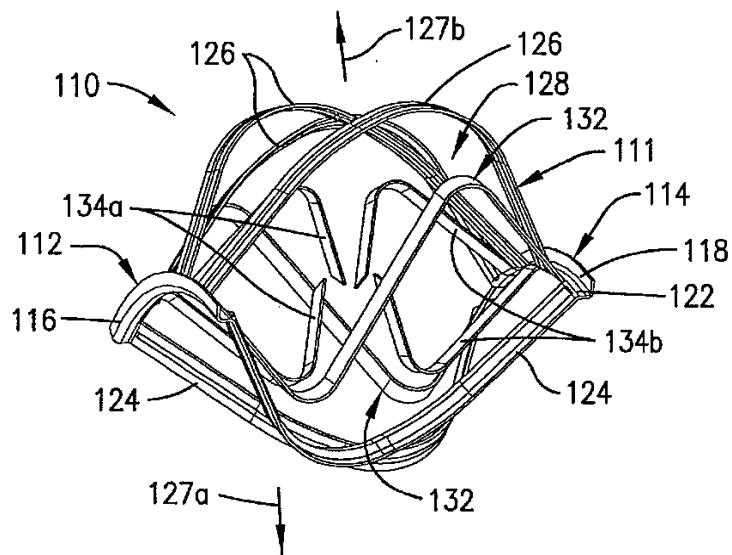
도면18



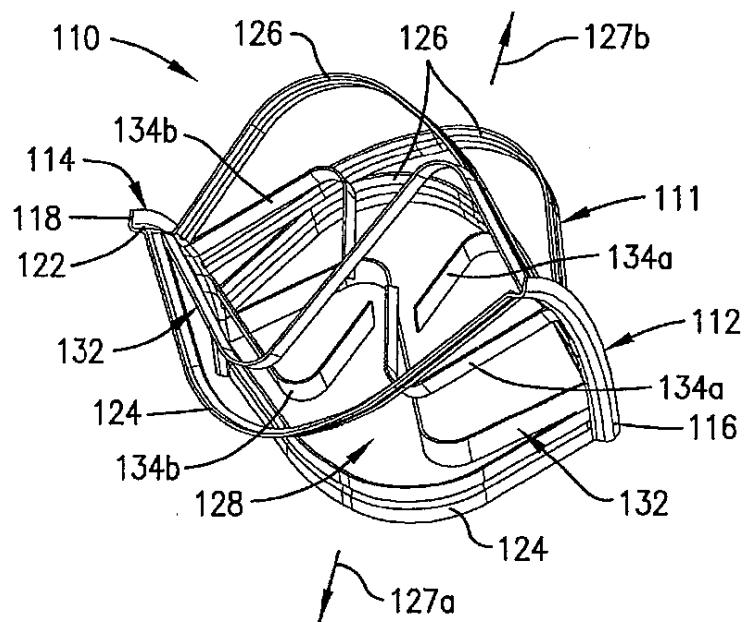
도면19



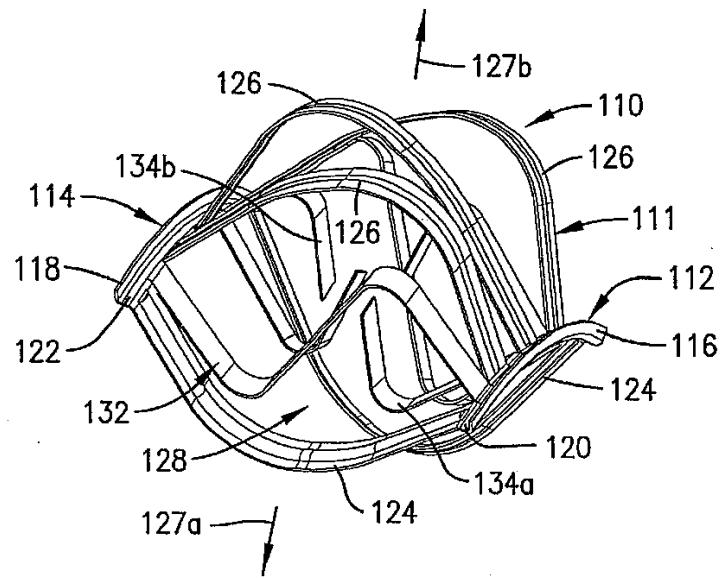
도면20



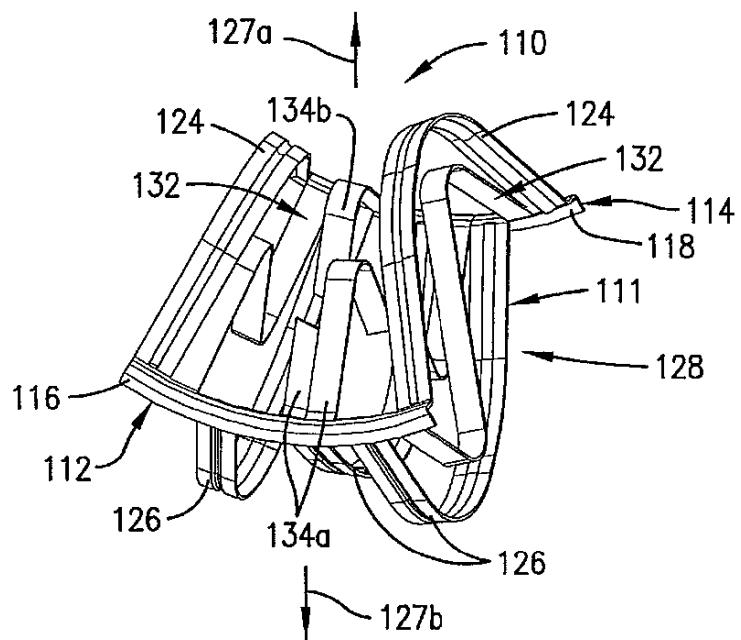
도면21



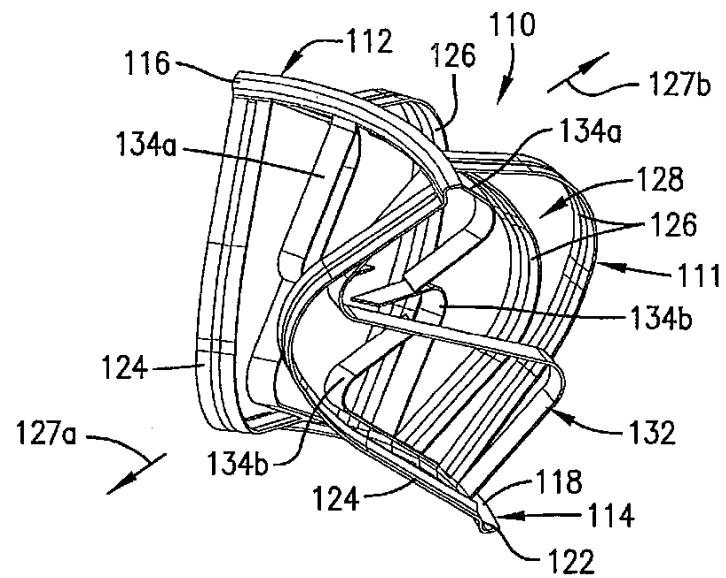
도면22



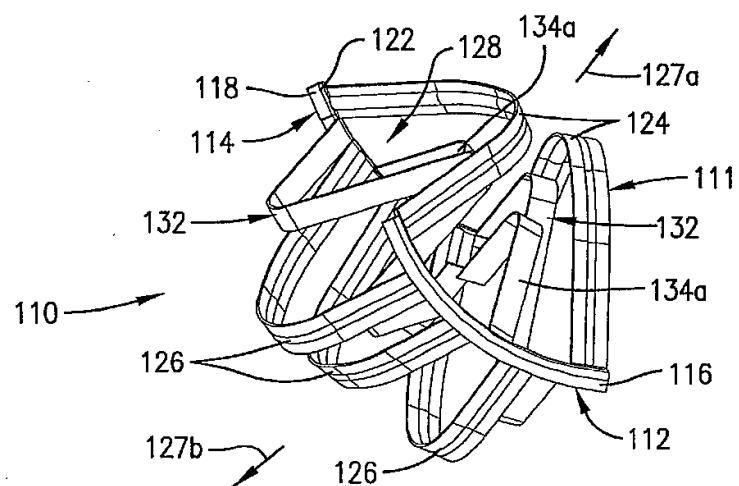
도면23



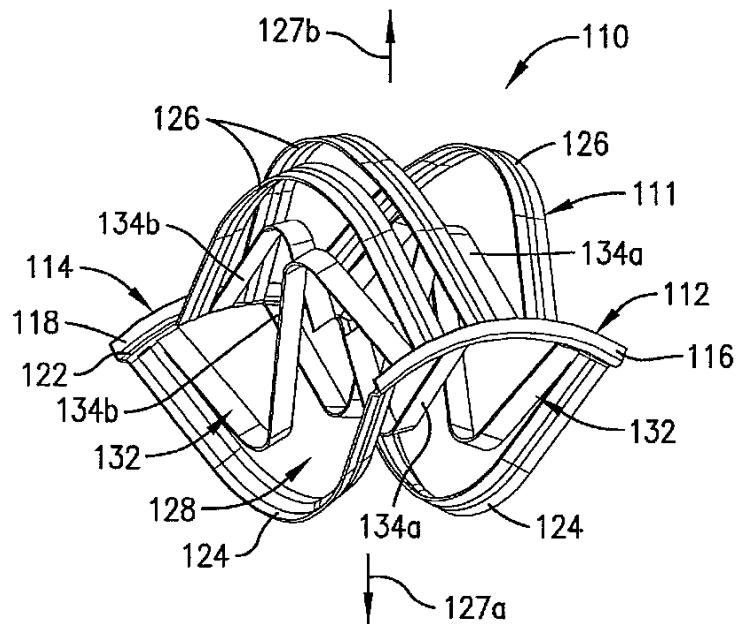
도면24



도면25



도면26



도면27

