(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0156379
(43) 공개일자 2023년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61M 60/237 (2021.01) *A61M 60/13* (2021.01)
A61M 60/174 (2021.01) *A61M 60/806* (2021.01)
A61M 60/808 (2021.01)
(52) CPC특허분류
A61M 60/237 (2021.01)
A61M 60/13 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2023-7034488
(22) 출원일자(국제) 2022년03월10일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년10월10일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/056244
(87) 국제공개번호 WO 2022/189585
국제공개일자 2022년09월15일
(30) 우선권주장
63/159,665 2021년03월11일 미국(US)

(71) 출원인
아비오메드 유럽 게엠베하
독일 아헨 52074 노이엔호페 베그 3
(72) 발명자
지스, 토르스텐
독일 아헨 52074 노이엔호페 베그 3, 씨/오 아비오메드 유럽 게엠베하
스파니어, 게르드 브루노
독일 아헨 52074 노이엔호페 베그 3, 씨/오 아비오메드 유럽 게엠베하
뵐케, 티노 안드레아스
독일 아헨 52074 노이엔호페 베그 3, 씨/오 아비오메드 유럽 게엠베하
(74) 대리인
강명구

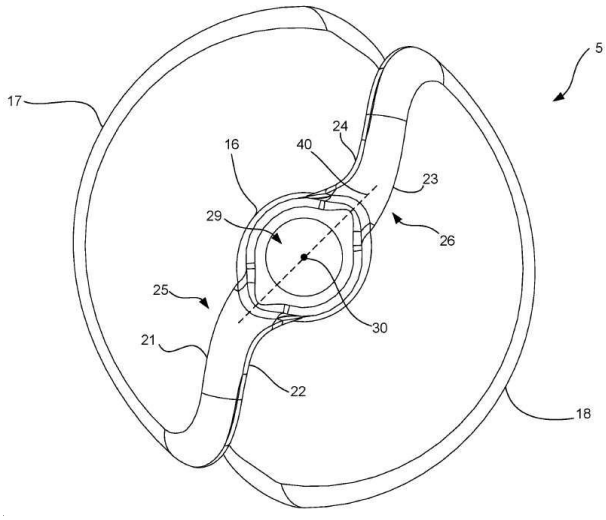
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **오프셋 로터 블레이드를 갖는 압축 가능한 로터를 포함하는 펌프**

(57) 요 약

본 기술의 양상은 압축 및 확장 가능한 펌프에 관한 것이다. 일 양상에서, 펌프는 확장 및 압축 가능한 펌프 하우징, 및 확장 및 압축 가능하고 펌프 하우징에 배치되는 로터를 포함하는 펌프가 제공된다. 로터는 적어도 하나의 로터 블레이드, 허브 및 회전축을 포함한다. 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부는 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋되는 제1 축을 따라 허브로부터 연장된다. 펌프는 근위 단부와 원위 단부를 갖는 구동 샤프트를 더 포함하며, 로터의 허브는 구동 샤프트의 원위 단부에 장착되고 구동 샤프트는 회전하여 로터를 회전시킨다.

대 표 도 - 도4c



(52) CPC특허분류
A61M 60/174 (2023.05)
A61M 60/806 (2021.01)
A61M 60/808 (2021.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

펌프로서:

확장 및 압축 가능한 펌프 하우징; 및

확장 및 압축 가능하고 펌프 하우징에 배치되는 로터 - 상기 로터는 적어도 하나의 로터 블레이드, 허브 및 회전축을 포함하며, 상기 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부가 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋되는 제1 축을 따라 허브로부터 연장됨 - 를 포함하는, 펌프.

청구항 2

제1 항에 있어서,

허브는 원통형인, 펌프.

청구항 3

제1 항에 있어서,

허브의 제1 단부는 허브의 제2 단부에 대해 테이퍼링되는, 펌프.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

로터는 사출 성형, 진공 성형, 애슈어 주조 및/또는 로스트 몰드를 통해 형성되는, 펌프.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

로터는 단일 재료로 형성되는, 펌프.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋된 제2 축을 따라 허브로부터 연장되는 적어도 하나의 제2 로터 블레이드를 더 포함하며, 상기 제1 축과 제2 축은 반경 방향 축의 반대편으로 오프셋되는, 펌프.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드가 허브 주위에 나선형으로 감겨 있는, 펌프.

청구항 8

제7항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드는 일정한 헬리컬 피치를 포함하는, 펌프.

청구항 9

제7항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드는 허브의 길이를 따라 다양한 피치를 포함하는, 펌프.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 축이 반경 방향 축과 실질적으로 평행한, 펌프.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드는 오목한 측면과 볼록한 측면을 포함하는, 펌프.

청구항 12

제11항에 있어서,

로터가 압축된 상태로 압축될 때, 적어도 하나의 로터 블레이드의 오목한 측면이 허브의 외부에 대해 놓이는, 펌프.

청구항 13

제11항에 있어서,

제1 축은 적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면 방향으로 반경 방향 축으로부터 오프셋되는, 펌프.

청구항 14

제13항에 있어서,

제1 축은 허브 주위에 감긴 나선형을 포함하는, 펌프.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 나선형은 일정한 피치 또는 가변 피치를 포함할 수 있는, 펌프.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 나선형은 허브 주위에 1/4 트위스트, 1/2 트위스트 또는 다중 트위스트를 포함하는, 펌프.

청구항 17

제13항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부에서, 볼록한 측면은 허브로부터 실질적으로 접선 방향으로 연장되는, 펌프.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부에서, 오목한 측면은 반경 방향 축으로부터 적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면 방향으로 오프셋되는, 펌프.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

근위 단부와 원위 단부를 포함하는 구동 샤프트를 더 포함하며, 로터의 허브가 구동 샤프트의 원위 단부에 장착되고, 구동 샤프트가 회전하여 로터를 회전시키는, 펌프.

청구항 20

제19항에 있어서,

구동 샤프트의 근위 단부에 결합된 모터를 더 포함하며, 모터는 구동 샤프트를 회전하도록 구성되는, 펌프.

청구항 21

제19항에 있어서,

펌프 하우징의 근위 단부에 결합된 원위 단부를 포함하는 카테터를 더 포함하며, 구동 샤프트는 카테터의 중공 내부를 통해 배치되는, 펌프.

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

펌프는 혈액 펌프이고, 펌프 하우징은 입구와 출구를 포함하며, 로터의 회전이 입구에서 출구로 혈액을 이송하는, 펌프.

청구항 23

제19항에 있어서,

펌프 하우징은 환자의 심장에 삽입될 수 있는, 펌프.

청구항 24

제20항에 있어서,

펌프 하우징이 환자의 심장의 좌심실에 삽입될 수 있는, 펌프.

청구항 25

제24항에 있어서,

펌프의 출구는 환자의 심장의 대동맥에 삽입될 수 있는, 펌프.

청구항 26

제1항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면은 상기 적어도 하나의 로터 블레이드의 흡입 측면을 포함하고, 적어도 하나의 로터 블레이드의 오목한 측면은 적어도 하나의 로터 블레이드의 압력 측면이인, 펌프.

청구항 27

펌프용 로터로서,

상기 로터는:

적어도 하나의 로터 블레이드, 허브 및 회전축을 포함하며, 상기 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부가 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋되는 제1 축을 따라 허브로부터 연장되고,

상기 적어도 하나의 로터 블레이드는 허브에 대해 확장 및 압축 가능한, 로터.

청구항 28

제27항에 있어서,

적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면은 적어도 하나의 로터 블레이드의 흡입 측면을 포함하고, 적어도 하나의 로터 블레이드의 오목한 측면은 적어도 하나의 로터 블레이드의 압력 측면을 포함하는, 로터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2021년 3월 11일에 출원된 미국 가출원 번호 63/159,665의 우선권 및 혜택을 주장하며, 본 출원은 여기에 참조로 통합되어 있다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 기술은 허브에서 연장되는 적어도 하나의 로터 블레이드를 갖는 로터를 포함하는 혈액 펌프와 같은 유체 펌프에 관한 것으로서, 여기서 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부가 로터의 반경 방향 축에 대해 오프셋되는 축을 따라 허브로부터 연장된다.

배 경 기 술

[0005] 혈액 펌프와 같은 유체 펌프는 의료 분야에서 다양한 용도로 폭넓게 사용된다. 예를 들어, 혈액 펌프는 침습적으로 사용될 수 있으며 혈관을 통해 환자의 체내로 도입되어 환자 내에서 작동될 수 있다. 이러한 펌프는 예를 들어 좌심실과 같은 심장실에서 심장을 보조하기 위해 사용될 수 있다. 이 경우 혈액 펌프는 대퇴 동맥을 통해 카테터를 사용하여 환자의 혈관을 통해 환자의 심장의 좌심실로 삽입될 수 있다. 이 위치에서 혈액 펌프는 혈액을 흡입하여 대동맥으로 다시 배출한다. 이러한 방식으로 심장의 기능이 완전히 또는 적어도 부분적으로 펌프에 맡겨질 수 있다.

발명의 내용

[0006] 본 기술의 일 측면에서는, 환자에게 삽입 가능한 혈액 펌프와 같은 펌프가 제공된다. 펌프는 확장 및 압축 가능한 펌프 하우징, 및 확장 및 압축 가능하고 펌프 하우징에 배치되는 로터를 가질 수 있다. 로터는 적어도 하나의 로터 블레이드, 허브 및 회전축을 가질 수 있다. 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부가, 회전축을 가로지르지 않고 회전축에 대략 직교하는 제1 축을 따라 허브로부터 연장될 수 있다. 제1 축은, 허브를 통과하여 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 정해진 거리만큼 오프셋된다.

[0007] 일부 측면에서, 허브는 원통형이다.

[0008] 일부 측면에서는 허브의 제1 단부가 허브의 제2 단부에 대해 테이퍼링된다.

[0009] 로터는 임의의 종래 기술에 의해 형성될 수 있지만, 본 명세서에 설명된 측면 중 어느 하나에서 로터는 사출 성형될 수 있다. 로터는 또한 진공 성형, 애슈어 주조 및/또는 로스트 몰드를 통해 형성될 수 있다. 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 로터는 단일 재료로 사출 성형될 수 있다.

[0010] 본 명세서에 설명된 측면 중 어느 하나에서, 로터는 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋되는 제2 축을 따라 허브로부터 연장되는 적어도 하나의 제2 로터 블레이드를 가질 수 있다. 이 측면에서 제1 축과 제2 축은 반경 방향 축의 반대편으로 오프셋된다.

[0011] 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 적어도 하나의 로터 블레이드는 허브 주위에 나선형으로 감겨질 수 있다. 일부 양상에서, 적어도 하나의 로터 블레이드는 일정한 헬리컬 피치를 포함할 수 있다. 또는, 일부 양상에서, 적어도 하나의 로터 블레이드는 허브의 길이에 따라 다양한 피치를 포함할 수 있다.

[0012] 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 제1 축은 반경 방향 축에 실질적으로 평행할 수 있다.

[0013] 로터 블레이드의 형상과 관련하여, 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 적어도 하나의 로터 블레이드는 오목한 측면과 볼록한 측면을 포함할 수 있다. 일부 양상에서, 로터가 압축된 상태로 압축될 때, 적어도 하나의 로터 블레이드의 오목한 측면은 허브의 외부에 대해 놓일 수 있다. 일부 측면에서, 제1 축은 적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면의 방향으로 반경 방향 축으로부터 오프셋될 수 있다. 일부 측면에서, 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부에서, 볼록한 측면은 허브로부터 실질적으로 접선 방향으로 연장될 수 있다. 대안적으로, 일부 측면에서, 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부에서, 오목한 측면은 적어도 하나의 로터 블레이드의 볼록한 측면 방향으로 반경 방향 축으로부터 오프셋될 수 있다.

[0014] 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 펌프는 근위 단부 및 원위 단부를 포함하는 구동 샤프트를 가질 수 있다. 로터의 허브는 구동 샤프트의 원위 단부에 장착될 수 있고, 구동 샤프트의 회전은 로터를 회전시킨다. 일부 측면에서, 펌프는 또한 구동 샤프트의 근위 단부에 결합된 모터를 가질 수 있으며, 여기서 모터는 구동 샤프트를

회전하도록 구성될 수 있다. 일부 측면에서, 펌프는 또한 이와 함께 조립된 카테터를 가질 수도 있다. 카테터는 펌프 하우징의 근위 단부에 결합된 원위 단부를 가질 수 있다. 구동 샤프트는 카테터의 중공 내부를 통해 배치될 수 있다. 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 펌프는 혈액 펌프일 수 있고, 펌프 하우징은 입구 및 출구를 포함할 수 있으며, 로터의 회전은 입구로부터 출구까지 혈액을 전달할 수 있다. 일부 측면에서, 이러한 혈액 펌프는 환자의 심장에 삽입될 수 있다. 예를 들어, 일부 측면에서, 혈액 펌프 하우징은 환자의 심장의 좌심실에 삽입될 수 있다.

[0015] 본 기술의 다른 측면에서는, 펌프용 로터가 제공된다. 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 로터는 적어도 하나의 로터 블레이드, 허브 및 회전축을 가질 수 있다. 적어도 하나의 로터 블레이드의 적어도 일부는 로터의 회전축을 가로지르는 로터의 반경 방향 축으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋되는 제1 축을 따라 허브로부터 연장될 수 있다. 본 명세서에 설명된 임의의 양상에서, 로터의 적어도 하나의 로터 블레이드는 허브에 대해 확장 및 압축 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 기술에 따른 펌프 시스템을 도시한다.

도 2a는 본 기술에 따른 도 1의 펌프의 원위 부분의 일부 측면도이다.

도 2b는 본 기술에 따라 도 1의 펌프와 함께 사용하기 위한 예시적인 펌프 하우징 구조이다.

도 3a는 종래 기술의 로터 구성을 도시한다.

도 3b 내지 도 3d는 본 기술에 따른 다양한 로터 구성을 도시한다.

도 4a 내지 도 4d는 본 기술에 따라 압축되지 않거나 확장된 상태 및 정지 상태의 압축 가능 및 확장 가능 로터의 다양한 보기를 포함한다.

도 4e는 본 기술에 따라 도 4d에 도시된 단면 A-A, B-B 및 C-C를 따라 도 4a 내지 도 4d의 압축 및 확장 가능한 로터의 단면도를 포함한다.

도 5a 내지 도 5d는 본 기술에 따라 압축되지 않은 상태 또는 확장된 상태 및 정지 상태의 다른 압축 및 확장 가능한 로터의 다양한 보기를 포함한다.

도 5e는 본 기술에 따라 도 5d에 도시된 단면 A-A, B-B 및 C-C를 따라 도 5a 내지 도 5d의 압축 및 확장 가능한 로터의 단면도를 포함한다.

도 6a는 본 기술에 따른 압축된 상태에서의 도 4a 내지 도 4d의 로터를 도시한 도면이다.

도 6b는 본 기술에 따라 압축된 상태에서의 도 5a 내지 도 5d의 로터를 도시한 도이다.

도 7a는 본 기술에 따른 도 4a 내지 도 4d의 로터를 부분적으로 도시한 사시도이다.

도 7b는 본 기술에 따른 도 5a 내지 도 5d의 로터의 일부 단면도이다.

도 8은 본 기술에 따른 도 4a 내지 도 4d의 로터를 이용한 도 1의 펌프의 동작 특성을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 기술에 따른 도 5a 내지 도 5d의 로터를 이용한 도 1의 펌프의 동작 특성을 나타낸 도면이다.

도 10은 본 기술에 따른 테이퍼 허브를 포함하여 비압축 또는 확장된 상태 및 정지 상태의 압축 및 확장 가능한 로터의 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 기술의 양상은 도면을 참조하여 상세히 설명되며, 여기서 유사 참조 번호는 유사하거나 동일한 요소를 식별한다. 개시된 양상은 단지 본 개시의 예시일 뿐이며, 다양한 형태로 구현될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 본 개시가 불필요하게 상세하게 설명되는 것을 피하기 위해, 잘 알려진 기능 또는 구조는 상세하게 설명되지 않는다. 따라서, 본 명세서에 개시된 특정 구조적 및 기능적 세부 사항은 제한적인 것으로 해석되어서는 안 되며, 단지 청구범위의 기초로서 그리고 당업자에게 본 개시를 사실상 모든 적절하게 상세한 구조에서 다양하게 사용할 수 있도록 가르치기 위한 대표적인 기초로서만 해석되어야 한다.

[0018] 공지된 바와 같이, 혈관 내 혈액 펌프는 혈관을 통해 환자의 체내로 도입될 수 있으며 심장을 지원하기 위해 환

자 내에서 작동될 수 있다. 이러한 펌프는 예를 들어, 좌심실과 같은 심장실에서 심장을 보조하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 혈액 펌프는 로터 블레이드를 포함하여 회전 가능한 로터를 가질 수 있다. 로터 블레이드의 회전은 혈액이 환자의 심장과 동일한 방식으로 환자 내에서 흐르도록 한다. 펌프를 환자 내에 운반하고 배치할 수 있도록, 혈액 펌프의 크기는 적절히 작을 수 있다. 그러나 크기가 작으면 펌프의 효율성이 떨어질 수 있다. 예를 들어, 작은 로터는 큰 로터만큼 효율적으로 혈액을 펌핑하지 못할 수 있다. 반대로, 큰 로터는 환자에게 쉽게 삽입되지 않을 수 있다. 이 문제는 압축 가능한 로터를 사용하여 환자에게 더 효율적으로 배치하고 혈액을 더 효율적으로 펌핑할 수 있도록 확장할 수 있는 펌프를 구성함으로써 완화될 수 있다. 그러나 이 솔루션은 다른 문제를 야기할 수 있다. 예를 들어, 로터가 압축되면, 로터 블레이드가 응력과 변형을 받을 수 있으며, 압축력을 받으면 변형될 수 있다. 이와 관련하여 로터 블레이드는 로터의 허브에 접혀 압축 상태가 되기 위해 국부적으로 제한된 영역에서 크게 변형되어야 할 수 있다. 이러한 힘을 받으면, 후속 확장 후 로터의 모양이 원래의 압축되지 않은 모양에서 변경될 수 있으며, 따라서 후속 압축되지 않은 모양과 성능이 예측할 수 없거나 손상될 수 있다. 또한 로터에 가해지는 압축력을 견딜 수 있으면서도 로터를 압축할 수 있는 적절한 공차와 특성을 가진 소재를 선택하는 것은 어려운 일이다. 따라서 이러한 확장 및 압축 가능한 로터를 제조하는 것은 여전히 어려운 과제이다.

[0019] 따라서, 본 발명자들은 (i) 로터를 보다 쉽게 압축할 수 있고 압축 시 로터가 받는 압축력, 응력 및 변형을 안정적으로 견딜 수 있으며, (ii) 이러한 로터를 쉽고 비용 효율적으로 제조할 수 있는 로터 구성에 대한 필요성이 존재한다는 것을 인식했다.

[0020] 도면을 참조하면, 도 1은 본 기술에 따른 펌프의 개략적인 개요를 도시한다. 펌프(1)는 펌프 하우징(2) 및 관통 루멘을 갖는 카테터(3)를 포함할 수 있다. 펌프 하우징(2)은 근위 단부(11) 및 원위 단부(13)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 원위 단부(13)는 펌프 하우징(2)으로 혈액을 끌어들이기 위한 입구를 형성하는 하나 이상의 개구부(15)를 포함할 수 있다. 일 양상에서, 개구부(15)는 유입 케이지를 형성할 수 있다. 유입되는 혈액의 방향은 화살표(12)로 표시된다. 근위 단부(11)는 입구에 의해 유입된 혈액을 환자의 혈관으로 운반하기 위한 배출구를 형성하는 하나 이상의 개구부(14)를 포함할 수 있다.

[0021] 구동 샤프트(4)는 카테터(3)의 루멘에 배치될 수 있다. 구동 샤프트(4)의 근위 단부는 모터(6)에 부착될 수 있고 구동 샤프트의 원위 부분은 펌프 하우징(2)의 내부로 연장될 수 있다. 로터(5)는 구동 샤프트(4)의 원위 부분에 장착되어 펌프 하우징(2)에 배치될 수 있다. 모터(6)는 구동 샤프트(4)를 회전시킬 수 있고, 이는 로터(5)를 회전시킬 수 있다. 구동 샤프트(4)는 구동 샤프트(4)와 카테터(3)를 환자에게 배치할 수 있도록 유연할 수 있다는 점을 인식해야 한다.

[0022] 도 1에 도시된 바와 같이, 펌프(1)는 포트(7)를 통해 환자의 혈관 내로 도입될 수 있다. 예를 들어, 펌프(1)는 대퇴 동맥(8)의 동맥절개술을 통해 도입 및 제공되고 대동맥궁(9)을 통과하여 환자의 심실(10)로 전달될 수 있으며, 펌프 하우징(2)은 대동맥 판막 영역에 위치하게 된다(도시되지 않음). 펌프 하우징(2)의 원위 단부(13)는 환자의 좌심실 내로 연장될 수 있고 근위 단부(11)는 환자의 대동맥 내에 배치될 수 있음을 인식해야 한다. 로터(5)는 구동 샤프트(4) 및 모터(6)에 의해 3,000 내지 50,000 rpm(분당 회전수) 사이의 속도로 회전되어 심장 심실(10)로부터 펌프 하우징의 원위 단부(13)의 입구 개구부(15)로 혈액을 이송하고(화살표 12로 표시됨) 근위 단부(11)의 출구 개구부(14)로부터 대동맥으로 배출시킬 수 있다.

[0023] 일 양상에서, 펌프(1)는 펌프(1)의 작동을 제어하기 위해 모터(6)를 제어 및 구동하기 위한 제어기(31)를 포함할 수 있다. 제어기는 모터(6)에 통합될 수도 있고, 모터(6)와 별도로 위치할 수도 있다.

[0024] 일 양상에서, 펌프 하우징(2) 및 로터(5)는 환자의 혈관을 통해 펌프(1)를 효율적으로 배치할 수 있도록 압축된 상태로 반경 방향으로 압축 가능하도록 구성될 수 있다. 또한, 펌프 하우징(2) 및 로터(5)가 환자의 심실(10) 내에 및/또는 그에 근접하게 배치된 후에, 펌프 하우징(2) 및 로터(5)는 정상 작동을 위해 확장된 상태로 반경 방향으로 확장 가능하도록 구성될 수 있다.

[0025] 예를 들어, 도 2a는 펌프 하우징(2)의 내부와 카테터(3)의 원위 부분을 도시한다. 이 도면에 도시된 바와 같이, 로터(5)는 구동 샤프트(4)의 원위 부분에 장착되어 펌프 하우징(2)의 내부에 배치될 수 있다.

[0026] 도 4a 내지 도 4d를 참조하면, 로터(5)가 본 기술의 일 양상에 따라 보다 상세하게 도시되어 있다. 로터(5)는 압축되지 않은 상태 또는 확장된 상태, 즉 정지 상태이며 외부에서 가해지는 힘이 없는 상태(예를 들어, 압축된 상태에서의 압축력 또는 확장된 상태에서의 작동 중 압력 및 회전력이 없는 상태)로 도시되어 있음을 이해할 수 있어야 한다. 로터(5)는 반경 방향 압축 가능한 로터 블레이드(17, 18) 및 허브(16)를 포함한다. 블레이드(17,

18)는 허브(16)의 외부로부터 방사상으로 연장될 수 있다. 허브(16)는 로터(5)의 근위 단부(20)에서 원위 단부(19)까지 연장되며, 로터(5)의 회전축(30)과 동축으로 정렬된다. 중앙 보어 또는 채널(29)(도 4c에 도시됨)은 허브(16)를 통해 단부(20)에서 단부(19)까지 연장될 수 있다. 펌프(1)의 구동 샤프트(4)와 같은 펌프의 구동 샤프트의 원위 부분은 펌프의 펌프 하우징(2)과 같은 펌프 하우징 내에 로터(5)를 장착하고 회전시키기 위해 중앙 보어(29)를 통해 연장될 수 있다.

[0027] 일 양상에서, 로터 블레이드(17, 18)는 반경 방향의 곡선형 설계 및 축 방향의 곡선형 배치가 있을 수 있다. 각 블레이드(17, 18)는 볼록한 표면(예컨대, 흡입면)을 갖는 제1 측면과 오목한 표면(예컨대, 압력면)을 갖는 제2 측면을 포함할 수 있다. 예를 들어, 블레이드(17)는 볼록한 측면(21)과 오목한 측면(22)을 포함하고 블레이드(18)는 오목한 측면(23)과 볼록한 측면(24)을 포함한다. 블레이드(17, 18)는 압축된 상태로 압축될 때 블레이드(17, 18)가 허브(16) 위로 접힐 수 있도록 하는 유연한 재료로 제조될 수 있다. 로터(5)의 방사형 곡선 설계는 블레이드(17, 18)가 압축 상태로 압축될 때 로터 블레이드(17, 18)의 원하는 또는 미리 결정된 압축 또는 압착 방향(즉, 각 블레이드(22)의 오목한 측면의 방향)을 정의한다. 이러한 실시예에서, 블레이드(21)의 볼록한 측면에 스트레치가 발생할 수 있다.

[0028] 도 2a를 다시 참조하면, 로터(5)의 허브(16)와 하우징(2)은 각각 로터(5)의 회전축(30)에 동축으로 정렬되어 있다. 펌프 하우징(2) 및 로터(5)는 외부 힘을 받지 않고 정지 상태에서 압축되지 않거나 확장된 상태로 도 2a에 도시되어 있다. 펌프 하우징(2) 및 로터(5)는 압축된 상태로 방사형으로 압축될 수 있다. 압축된 상태에서, 펌프 하우징(2)은 전달 시스템을 사용하여 환자에게 배치될 수 있다. 예를 들어, 일 양상에서, 전달 시스템은 펌프 하우징(2) 및 로터(5)를 압축 상태로 유지하기 위해 펌프 하우징(2) 및 로터(5)를 제한하는 인트로듀서 시스(introducer sheath)를 포함할 수 있다. 인트로듀서 시스에 구속된 상태에서, 펌프 하우징(2) 및 로터(5)는 환자의 신체에 원하는 위치로 삽입된다. 그런 다음 카테터(3)를 밀어서 펌프 하우징(2)을 원 위로 전진시켜 펌프 하우징(2)이 인트로듀서 시스의 원위 단부로 나오도록 할 수 있다(예: 카테터(3)을 밀어서).

[0029] 환자 내에서 원하는 위치에 도달하면 펌프 하우징(2) 및 로터(5)가 방사상으로 확장된 상태로 확장된다. 이러한 실시예에서, 이 확장 위치는 카테터의 단부에 의해 정의될 수 있다. 예를 들어, 로터는 펌프를 전달 시스템(예를 들어, 인트로듀서 시스)으로부터 방출함으로써 전개될 수 있다. 일 양상에서, 펌프 하우징(2)은 펌프 하우징(2)이 외부 압축력에 의해 작용하지 않을 때 펌프 하우징(2)을 확장된 상태로 되돌리는 형상 기억 재료로 제조될 수 있다. 다른 양상에서, 펌프(1)는 펌프 하우징(1)을 확장된 상태로 확장하기 위한 작동 수단을 포함할 수 있다. 그 후, 로터(5)는 구동 샤프트(4)에 의해 회전하여 로터 블레이드(17, 18)를 확장된 상태로 방사상으로 전개할 수 있다. 일 측면에서, 로터(5)는 로터(5)의 회전을 필요로 하지 않고 로터(5)를 확장된 상태로 되돌리는 재료로 제조될 수 있다.

[0030] 도 2b를 참조하면, 일 양상에서, 펌프 하우징(2)은 와이어 메쉬 또는 섬유 메쉬로 이루어진 방사상으로 확장 가능하고 압축 가능한 구조를 포함할 수 있다. 대안적으로, 펌프 하우징(2)은 방사상으로 확장 가능하고 압축 가능한 구조를 형성하는 복수의 헬리컬 스트럿을 포함할 수 있다. 어느 경우든, 호스 또는 밀봉 구조(예컨대, 폴리머 필름)가 펌프 하우징(2)의 부분(90) 상에 배치되어 혈액이 부분(90)으로 유입되거나 유출되는 것을 방지할 수 있다. 이러한 실시예에서, 필름은 (예를 들어, 펌핑용) 유압 성능을 갖는 펌프 챔버를 생성할 수 있다. 호스는 폴리우레탄으로 제조될 수 있으며 일반적으로 원통형일 수 있다. 호스 밀봉부(90)에 의해, 펌프 하우징(2)의 원위 부분(92) 및 근위 부분(94)은 밀봉되지 않은 상태로 유지된다. 이러한 방식으로, 원위 부분(92)에서 하우징(2)의 구조를 형성하는 와이어 또는 섬유 사이의 개구부는 펌프 하우징(2)의 입구를 형성할 수 있고, 원위 부분(94)의 개구부는 펌프 하우징(2)의 출구를 형성할 수 있다. 다른 양상들에서, 호스 또는 밀봉 구조는 펌프 하우징(2)의 전체 또는 적어도 대다수를 덮고 밀봉할 수 있고, 호스 또는 밀봉 구조는 펌프 하우징(2)의 입구 및 출구를 형성하기 위해 밀봉 구조의 근위 및 원위 단부에 개구부를 포함할 수 있다.

[0031] 예시적인 방사형 확장 및 압축 가능한 펌프 하우징, 그러한 펌프 하우징을 확장 및 압축하기 위한 구조, 및 펌프(1)와 같은 펌프와 함께 사용하기 위한 그러한 펌프 하우징을 구현하는 방법은 미국 특허 출원 번호 16/658,256, 미국 특허 번호 8,439,859 및 미국 특허 출원 공개 번호 2020/0289732 A1에 기재되어 있으며, 그 전체 내용은 여기에 참조로 통합되어 있다.

[0032] 로터 블레이드(예컨대, 로터(5)의 로터 블레이드(17, 18))는 허브(예컨대, 허브(16))로부터 허브의 중심을 통해 로터의 회전축(30)을 가로지르는 반경 방향 축을 따라 연장될 수 있다. 이는 도 3a의 로터 구성(50)에 예시되어 있는데, 블레이드(51, 52)는 허브(55)로부터 허브(55)의 중심을 통해 로터(5)의 회전축(57)을 가로지르는 반경 방향 축(56)을 따라 연장된다. 블레이드(51, 52)는 직선으로 표시되어 있지만 곡선일 수도 있다.

[0033] 본 기술에 따라, 로터 블레이드(17, 18)는 회전축을 가로지르는 반경 방향 축으로부터 오프셋되는 각각의 축으로부터 연장되도록 수정될 수 있다. 이러한 각 설계는 먼저 허브에서 연장되는 평면 로터 블레이드의 단순한 경우의 맥락에서 도 3b 내지 도 3d와 관련하여 설명될 것이지만, 아래에 설명되는 바와 같이, 이러한 설계는 위에서 설명한 로터(5)의 블레이드(17, 18)와 같은 곡선형 블레이드에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0034] 예를 들어, 도 3b를 참조하면, 본 기술에 따라 휴식 및 비압축 상태(즉, 외력이 없는 상태)의 로터 구성(60)이 도시되어 있다. 로터 구성(60)은 반경 방향 압축 및 확장 가능한 로터 블레이드(51, 52) 및 원통형 허브(55)를 포함한다. 블레이드(51, 52)는 허브(55)의 중심을 기준으로 편심되거나 반경 방향 축(56)에서 오프셋된 각 축을 따라 허브(55)로부터 확장된다. 도 3b의 로터 구성(60)에 표시된 바와 같이, 로터 블레이드(51)는 축(58)을 따라 연장되고 로터 블레이드(52)는 축(59)을 따라 연장된다. 축(58) 및 축(59)은 각각 축(56)으로부터 미리 결정된 거리(d1)만큼 오프셋되어 있으며 축(56)과 평행하다. 로터 블레이드(51)는 측면(61) 및 측면(62)을 포함하며, 측면(61)은 축(56)으로부터 측면(62)보다 더 멀리 배치된다. 로터 블레이드(52)는 측면(63) 및 측면(64)을 포함하며, 여기서 측면(63)은 축(56)으로부터 측면(64)보다 더 멀리 배치된다. 로터 구성(60)에서, 축(58, 59)과 축(56) 사이의 오프셋은 블레이드(51)의 측면(61)과 블레이드(52)의 측면(63)이 각각 허브(55)의 원형 단면에 대해 대략 접선 방향으로 연장되도록 되어 있다. 축(56)과 축(58, 59) 사이의 오프셋 정도는 d1보다 작거나 클 수 있지만, 0보다 클 수 있다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 로터 구성(70)에서 축(56)과 축(58, 59) 사이의 오프셋은 미리 결정된 거리 d2이며, 이는 d1보다 작은 거리이다. 또 다른 예로서, 로터 구성(80)에서 축(56)과 축(58, 59) 사이의 오프셋은 미리 결정된 거리 d3이며, 이는 d1보다 큰 거리이다. 로터 구성(80)에서, 축(58, 59)과 축(56) 사이의 오프셋은 블레이드(51)의 측면(62) 및 블레이드(52)의 측면(64)이 각각 허브(55)의 원형 단면에 대해 대략 접선 방향으로 연장되도록 한다. 아래에서 더 자세히 설명하겠지만, 로터 블레이드가 오프셋에서 허브에서 허브의 중심을 통과하는 반경 방향 축으로 연장되는 구성(60, 70, 80)과 같은 로터 구성은 펌프 작동에서 몇 가지 이점을 제공한다.

[0035] 구성(60, 70, 80)의 축(56) 및 축(58, 59)과 관련하여 위에서 설명한 오프셋은 로터 허브(55)로부터 선형으로 연장되는 도 3b 내지 도 3d에 도시된 로터 블레이드(51, 52)를 사용하여 설명되었지만, 위에서 설명한 오프셋(또는 그 부족)과 관련된 구성(60, 70, 80)의 설계 측면은 위에서 설명한 로터(5)의 로터 블레이드(17, 18)와 같이 허브 주위를 나선형으로 감싸는 로터 블레이드의 맥락에서 설명될 수도 있다.

[0036] 허브에 대한 블레이드의 횡단 또는 오프셋은 허브의 회전축에 직교하는 축을 기준으로 블레이드가 허브에 부착되는 지점에서 이루어지거나, 블레이드가 허브 너머로 연장될 때 블레이드의 곡률에 의해 이루어질 수 있다. 허브(16)로부터 로터 블레이드(17, 18)의 연장과 관련하여, 로터(5)는 위에서 설명한 구성(50)과 유사한 방식으로 설계된다. 로터(5)의 원위 단부(19)가 표시된 도 4c에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이 블레이드(17, 18)는 부분(25, 26)을 포함한다. 부분(25)은 허브(16)에 대략적으로 배치된 블레이드(17)의 일부이고, 부분(26)은 허브(16)에 대략적으로 배치된 블레이드(18)의 일부이다. 일 양상에서, 부분(25 및 26)은 각각 허브(16)에 직접 인접하여 배치되는 블레이드(17) 및 블레이드(18)의 일부이다. 도 4c에 도시된 바와 같이, 부분들(25 및 26)은 로터(5)의 회전축(30)을 직교하고 허브(16)의 중심을 관통하는 반경 방향 축(40)을 따라 연장된다. 도 4e의 로터(5)의 단면도(도 4D)에서 볼 수 있는 바와 같이, 부분(25 및 26)(도 4c)은 도 4c에 도시된 바와 같이 허브의 길이(즉, 허브(16)의 원위 단부(19)에서 근위 단부(20)까지)를 따라 (즉, 방사형 축(40)을 따라) 허브에서 연장된다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 이 구성에서, 도 4c의 A-A, B-B 및 C-C를 따른 도 4e 단면에 도시된 바와 같이, 블레이드(17, 18)의 외측 부분의 곡률은 블레이드(17, 18)가 연장되는 허브(16)의 길이에 따른 위치에 따라 달라진다. 도 4d는 세 개의 단면, A-A, B-B 및 C-C에 해당하는 허브의 세 가지 위치를 도시한다. 도 4e에 표시된 바와 같이, 단면 A-A에서 블레이드(17, 18)의 오목한 측면(22, 24)의 내부 곡률은 블레이드(21, 23)의 볼록한 측면(더 큰 각도를 형성하는)의 곡률보다 더 타이트한다(즉, 더 작은 각도). 이는 단면 B-B에서 훨씬 더 쉽게 관찰된다. 그러나, 단면 C-C에서는 측면(21, 23)의 볼록한 곡률 정도와 측면(22, 24)의 오목한 곡률 정도가 대략 상보적이다. 따라서, 도 4a 내지 도 4e에 도시된 양상에서, 블레이드(17, 18)의 각 외측 부분의 피치는 허브(16)의 길이에 따라 변화한다.

[0037] 일 양상에서, 로터(5)는 구성(60, 70, 80)과 관련하여 전술한 블레이드 오프셋과 유사하게, 블레이드(17, 18) 각각의 적어도 일부(예컨대, 부분(25 및 26))가 반경 방향 축(40)에 대해 오프셋된 각 축을 따라 허브(16)로부터 연장되도록 수정될 수 있다.

[0038] [0051] 예를 들어, 도 5a 내지 도 5d를 참조하면, 로터(105)는 본 기술의 다른 측면에 따라 도시되어 있다. 로터(105)는 압축되지 않은 상태 또는 확장된 상태 및 외부에서 가해지는 힘이 없는 정지 상태(예컨대, 압축된 상태에서의 압축력 및 확장된 상태에서의 작동 중 압력 및 회전력이 없는 상태)로 도시되어 있음을 이해해야

한다. 로터(105)는 반경 방향 압축 가능한 로터 블레이드(117, 118) 및 허브(116)를 포함한다. 블레이드(117, 118)는 허브(116)의 외부로부터 방사상으로 연장된다. 허브(116)는 로터(105)의 근위 단부(120)에서 원위 단부(119)까지 연장되며, 로터(105)의 회전축(130)과 동축으로 정렬되어 있다. 중앙 보어 또는 채널(129)(도 5c에 도시됨)은 허브(116)를 통해 단부(120)에서 단부(119)까지 연장된다. 펌프(1)의 구동 샤프트(예컨대, 펌프(1)의 구동 샤프트(4))와 같은 펌프의 구동 샤프트의 원위 부분은 중앙 보어(129)를 통해 연장되어 펌프의 펌프 하우징(예컨대, 펌프 하우징(2)) 내에서 로터(105)를 지지 및 회전시킬 수 있다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 로터(105)는 구동 샤프트(5)의 원위 부분 위에 성형될 수 있다.

[0039] 일 양상에서, 허브(116)는 원통형이며, 단부(119)에서 단부(120)까지 일정한 직경을 포함한다. 그러나, 아래에서 설명되는 바와 같이, 일부 측면에서는, 허브(116)의 직경이 한쪽 단부에서 다른 쪽 단부로 갈수록 가늘어질 수 있다.

[0040] 일 양상에서, 로터 블레이드(117, 118)는 반경 방향의 곡선형 설계 및 축 방향의 곡선형 배치가 있을 수 있다. 각 블레이드(117, 118)는 볼록한 표면(예컨대, 흡입면)을 갖는 제1 측면과 오목한 표면(예컨대, 압력면)을 갖는 제2 측면을 포함할 수 있다. 예를 들어, 블레이드(117)는 볼록한 측면(121) 및 오목한 측면(122)을 포함할 수 있고, 블레이드(118)는 볼록한 측면(123) 및 오목한 측면(124)을 포함할 수 있다. 블레이드(117, 118)는 유연한 재료에 의해 허브(116)에 부착되어, 블레이드(117, 118)가 압축된 상태로 압축될 때 허브(116) 위로 접힐 수 있다. 압축된 상태에서 오목한 표면(122, 124)은 허브(116)의 외부에 더 가깝게 또는 심지어 반대편에 놓이다. 블레이드 곡률을 감안할 때, 블레이드(117, 118)는 각각 적어도 부분적으로 허브(116)를 감쌀 수 있다. 로터(105)의 방사형 곡선 설계는 블레이드(117, 118)가 압축 상태로 압축될 때 로터 블레이드(117, 118)의 바람직한 압축 또는 압착 방향(즉, 각 블레이드의 오목한 측면의 방향)을 정의한다.

[0041] 일 양상에서, 블레이드(117, 118)는 각각 일정한 헬리컬 피치를 포함하지만, 아래에 설명되는 바와 같이, 다른 양상에서, 블레이드(117, 118)는 각각 가변 피치를 포함할 수 있다.

[0042] 로터(105)의 원위 단부(119)가 도시된 도 5c에서 가장 잘 보이는 바와 같이, 블레이드(117, 118)는 내부 부분(125, 126)을 포함할 수 있다. 부분(125)은 허브(116)로부터 블레이드(117)의 외부 에지를 향해 연장되는 블레이드(117)의 일부이고, 부분(126)은 허브(116)로부터 블레이드(118)의 외부 에지를 향해 연장되는 블레이드(118)의 일부이다. 일 양상에서, 부분(125 및 126)은 각각 블레이드(117 및 118)의 부분으로서, 허브(116)에 직접 인접하여 배치되고 블레이드(117, 118) 각각의 각 에지 이전에 종단된다. 다른 양상에서, 부분들(125, 126)은 각각 허브(116)로부터 블레이드(117, 118)의 외부 에지까지 전체 거리를 연장한다.

[0043] 도 5c에 도시된 바와 같이, 부분(125)은 축(141)을 따라 연장되고 부분(126)은 축(142)을 따라 연장된다. 축(141, 142)은 허브(116)의 중심에 대해 편심되어 있다. 또한, 축(141, 142)은 각각 반경 방향 축(140)으로부터 미리 결정된 거리(d)만큼 오프셋되고, 반경 방향 축(140)과 실질적으로 평행하다. 방사형 축(140)에 대한 축(141, 142)의 관계를 설명하는 맥락에서, "실질적으로 평행하다"는 것은 축(141, 142) 각각과 방사형 축(140) 사이의 미리 결정된 거리(d)가 부분(125, 126) 각각의 길이에 걸쳐 대략(예를 들어, +/- 20%) 동일하거나 일정하다는 것을 의미한다. 즉, 축들(141, 142) 각각이 반경 방향 축(140)에 대해 약간 (예를 들어, 1° 내지 20°) 기울어지더라도, 축들(141, 142)은 본 기술을 설명하기 위한 목적상 여전히 반경 방향 축(140)에 "실질적으로 평행"한 것으로 간주될 수 있다.

[0044] 반경 방향 축(140)은 회전축(130)을 관통하여 연장되고 직교하여 가로지른다. 도 5e의 로터(105)의 단면도(허브(116)를 따라 상이한 위치에서 촬영된 로터(105)의 단면도)에서 볼 수 있는 바와 같이, 일 측면에서, 반경 방향 축(140)에 대한 축(141, 142)의 오프셋은 허브(116)의 원위 단부(119)에서 근위 단부(120)까지 지속된다는 것이 이해될 것이다. 즉, 허브(116)를 따라 축방향으로 임의의 지점에서, 부분(125, 126)은 반경 방향 축(140)으로부터 미리 결정된 오프셋 거리(d)로부터 허브(116)로부터 연장될 수 있다. 아래에서 설명하는 바와 같이, 다른 양상들에서, 반경 방향 축(140)에 대한 축(141, 142) 사이의 오프셋은 허브의 일부 부분(예를 들어, 로터(105)의 근위, 원위 및/또는 중앙 부분)을 따라만 이루어질 수 있다. 또한, 일부 측면에서, 오프셋의 미리 결정된 거리(d)는 로터(105)의 축 길이를 따라 상이한 위치에서 달라질 수 있다.

[0045] 도 5c를 다시 참조하면, 일 측면에서, 블레이드(117)의 부분(125)은 블레이드(117)의 볼록한 측면(121) 방향으로 축(140)으로부터 오프셋되고, 블레이드(118)의 부분(126)은 블레이드(118)의 볼록한 측면(123) 방향으로 축(140)으로부터 오프셋된다. 이러한 방식으로, 부분(125, 126)은 축(140)의 반대편으로 완전히 오프셋된다. 일 양상에서, 오프셋의 미리 결정된 거리(d)는 부분(125)의 볼록한 측면(121)의 표면이 허브(116)의 외주로부터 실질적으로 접선 방향으로(즉, 실질적으로 접선을 따라) 연장되도록 선택되고, 부분(126)의 볼록한 측면(123)의

표면이 허브(116)의 외주로부터 실질적으로 접선 방향으로 연장되도록 선택된다. 또한, 부분(125)에서, 오목한 측면(122)이 볼록한 측면(121)의 방향으로 축(140)으로부터 오프셋 또는 이격되고, 부분(126)에서, 오목한 측면(124)이 볼록한 측면(123)의 방향으로 축(140)으로부터 오프셋 또는 이격되도록 미리 결정된 거리(d)가 선택된다. 즉, 각 면(121, 122, 123, 124)은 허브(116)의 중심에 대해 편심되어 있을 뿐만 아니라 축(140)으로부터 오프셋되어 있다.

[0046] [0059] 전술한 바와 같이, 로터(105)의 각 부분(125, 126)의 오프셋 위치는 이러한 오프셋을 포함하지 않는 로터(5) 및 로터 구성(50)과 같은 로터에 비해 몇 가지 이점을 제공할 수 있다.

[0047] 예를 들어, 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 도 6a는 압축된 상태의 로터(5)를, 도 6b는 압축된 상태의 로터(105)를 도시한다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 압축된 상태에서 로터 블레이드(17, 18)는 허브(16) 상에 접혀 있다. 그러나, 접힘으로 인해 블레이드(17, 18)에 각각 날카로운 꼬임(601, 602)이 발생한다. 블레이드(17, 18)의 부분(25, 26)이 반경 방향 축(40)을 따라 허브(16)로부터 연장되어 있기 때문에 로터(5)에서 꼬임(601, 602)이 발생할 수 있으며, 따라서 로터 블레이드(17, 18)가 허브(16)로 다시 접히는 것을 방지하지 못한다. 이러한 방식으로 블레이드(17, 18)는 허브(16)로부터 반경 방향 간격을 두고 날카로운 각도로 굴곡되거나 구부러져 꼬임(601, 602)을 형성할 가능성이 더 크다. 이러한 꼬임은 로터 블레이드(17, 18) 및 허브(16)에 응력과 변형을 가할 수 있으며 블레이드(17, 18)가 원래의 압축되지 않고 확장된 상태와 비교하여 영구적으로 변형될 가능성을 높인다.

[0048] 로터 블레이드(117, 118)의 오프셋 설계는 로터(5)의 로터 블레이드(17, 18)에서 발생하는 날카로운 꼬임 현상을 방지한다. 예를 들어, 도 6b에 도시된 바와 같이, 압축 상태에서 반경 방향 축(140)에 대한 로터 블레이드(117, 118)의 부분(125, 126)의 오프셋은 블레이드(117, 118)가 허브 곡률에 따라 적어도 부분적으로 허브(116)를 감쌀 수 있도록 한다. 결과적으로, 로터(5)가 압축 상태에서 경험하는 도 6a에 도시된 날카로운 꼬임은 도 6b에 도시된 압축 로터에는 존재하지 않는다. 허브(116)에 대한 부분(125, 126)의 편심 위치로 인해, 블레이드(117, 118) 각각의 오목한 측면(122, 124)에 더 많은 공간이 있어서 블레이드(117, 118)가 허브(116)를 더 부드럽게 감싸고, 오목한 측면(122, 124)이 압축 상태에서 허브(116)에 더 고르게 놓여 블레이드(117, 118) 각각의 꼬임을 완화할 수 있게 된다. 블레이드(117, 118)가 허브(116)에 더 고르게 놓이기 때문에 압축 시 블레이드(117, 118)에 가해지는 힘이 허브(116)의 외경에 가해지는 토크로 전달되어 압축 시 블레이드(117, 118)의 꼬임을 줄이거나 제거한다. 이와 같이, 블레이드(117, 118)의 오프셋 위치는 압축 상태에서 블레이드(117, 118)에 가해지는 응력 및 이러한 응력으로 인해 발생할 수 있는 블레이드 변형을 감소시킨다. 압축 상태에서의 블레이드(117, 118)에 대한 응력이 감소하면, 압축 상태에서의 블레이드 응력으로 인해 블레이드(117, 118)가 영구적으로 변형될 가능성이 감소하기 때문에 블레이드(117, 118)가 압축되지 않고 확장된 상태에서 자연스러운 위치로 펼쳐질 수 있다. 또한, 이는 감압 후 로터(105)의 형상이 로터(5)의 형상보다 더 일관되게 유지될 수 있도록 한다.

[0049] 압축 상태에서 블레이드(117, 118)의 날카로운 꼬임을 완화하면 로터 블레이드(117, 118)가 허브(116)에 부착되는 영역에서 허브(116)에 가해지는 응력과 변형이 감소하고 완화될 수 있다. 이는 더 두꺼운 허브가 더 큰 응력을 견딜 필요가 없기 때문에 로터(5)의 허브(16)에 비해 허브(116)의 두께 및 전체 직경을 감소시킬 수 있다.

[0050] 예를 들어, 도 7a를 참조하면, 로터(5)의 허브(16)는 직경(z1) 및 두께(y1)를 가질 수 있다. 로터 블레이드(17, 18)는 각각 두께(x)를 포함한다. 로터(5)가 압축될 때 및/또는 로터(5)의 회전 중에 허브(16)에 가해지는 응력으로 인해, 두께(y1)는 펌프(1)의 구동 샤프트(4)로부터 허브(16)의 내경 박리를 방지하기에 충분히 크도록 선택된다. 박리는 허브(16)에서 당김 응력이 가장 높은 곳에서 발생할 수 있다. 허브(16)의 예시적인 박리는 도 7a에 참조 번호 701에 의해 도시되어 있다. 허브(16)의 두께(y1)가 로터 블레이드(17, 18) 각각의 두께(x)보다 크다는 것을 알 수 있다.

[0051] 도 7b를 참조하면, 로터(105)의 설계는 허브(116)에 가해지는 응력을 감소시킬 수 있다. 따라서, 허브(116)의 두께(y2)는 로터 블레이드(117, 118)의 두께(x)를 감소시키지 않고, 구동 샤프트(4)으로부터 허브(116)가 박리될 위험 없이 허브(16)의 두께(y1)보다 작도록 선택된다. 일 측면에서, 허브(116)의 두께(y2)는 허브(16)의 두께(y1)의 50%일 수 있다. 그 결과, 허브(116)의 직경(z2)은 허브(16)의 직경(z1)보다 작다. 또한, 일 측면에서, 허브(116)의 두께(y2)는 로터 블레이드(117, 118)의 두께(x)와 대략 (예를 들어, +/- 10%) 동일하다. 허브(116)의 직경(z2)이 감소되고 압축 상태에서 로터 블레이드(117, 118)의 꼬임이 방지되면, 압축 상태에서 로터(105)의 전체 직경이 로터(5)에 비해 감소되고, 압축 상태에서 펌프 하우징(2)의 직경도 감소된다. 따라서, 로터(105)가 펌프(1)와 함께 사용될 때, 압축 상태에서 펌프 하우징(2)의 직경이 감소하면 펌프를 환자에게 이식하거나 삽입하는 환자에 대한 동맥절개 절개가 감소될 수 있다. 또한, 로터(105)가 사용될 때 로터(105) 및 펌

프 하우징(2)의 내부 코팅에 가해지는 반발력이 감소되어, 로터(105)를 환자에게 배치하거나 환자로부터 로터를 제거하는 동안 삽입 및 제거력이 감소될 수 있다. 예를 들어, 로터(105)의 설계는 압축 상태에서의 로터 블레이드의 외측 반경 방향 힘이 로터(5)의 설계에 비해 감소되도록 되어 있다. 따라서, 압축 상태에서 로터 블레이드(117, 118)의 외측 반경 방향 힘이 감소하기 때문에 로터(105)가 전달 시스템의 구성 요소(예: 인트로듀서 시스)를 통해 더 쉽게 미끄러질 수 있다.

[0052] 로터(105)의 직경(z2)이 로터(5)의 직경(z1)보다 작기 때문에, 블레이드(117, 118)는 허브(116)로부터 (블레이드(17, 18)가 허브(16)로부터 연장되는 거리에 비해) 더 긴 반경 방향으로 연장될 수 있으며, 동시에 사용 중(로터(5, 105)가 회전하는 동안) 로터(5 및 105)가 동일한 확장된 로터 직경을 가질 수 있음을 인식해야 한다. 이러한 방식으로, 로터 블레이드(17, 18)의 길이에 비해 로터 블레이드(117, 118)의 반경 길이가 클수록 사용 중 로터 직경이 동일함에도 불구하고 로터(105)가 로터(5)에 비해 혈류와 관련하여 더 효율적으로 작동한다.

[0053] 펌프(1)와 함께 로터(105)를 사용하는 동안, 로터(105)는 완전히 압축된 구성 및 비압축 또는 확장된 구성(로터(105)가 정지 상태일 때) 이외에 추가적인 구성을 가정한다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 사용 중에 로터(105)가 회전할 때, 원심력과 로터(105)에 의해 전달되는 유체의 압력으로 인해, 로터(105)의 직경은 자연적인 비압축 및 확장된 구성에서 로터(105)의 직경 이상으로 확장된다. 또한, 원심력 및 기타 압력력이 가해질 때 각 블레이드(117, 118)의 곡률은 감소되거나 평평해진다. 이러한 추가 구성은 로터(105)의 원주 속도(즉, 회전 속도)에 따라 달라진다. 작동 중에 로터에 추가적인 응력 및 변형이 가해질 수 있을 때 발생하는 로터(105)에 대한 변형은 압축된 구성에서 자연 확장된 구성(즉, 응력 또는 변형이 가해질 수 없는 로터의 구성)으로의 로터(105)의 변형에 비해 작다. 일 양상에서, 로터(105)는 로터가 본원에 설명된 작동력을 받을 때, 사용 중에 발생하는 로터의 변형이 제어, 최소화 또는 제거되도록 형상 및 치수가 결정된다.

[0054] 압축 상태에서 블레이드(117, 118)에 날카로운 꼬임이 발생하지 않도록 하면 로터(105)의 재료에 가해지는 최대 변형이 줄어든다. 따라서, 로터(105)의 오프셋 설계는 로터(5)와 함께 사용될 수 있는 것보다 더 광범위한 재료의 사용을 허용한다. 로터(105)와 함께 사용될 수 있는 재료의 선택 폭이 넓어지면 로터(105)의 제조 가능성이 향상될 수 있다. 예를 들어, 압축 중에 로터(5)의 재료에 극도의 변형(예: 국부적으로 최대 100%)을 가하려면 가교 수준이 높은 폴리우레탄과 같이 응력 저항성이 매우 높은 재료를 사용해야 한다. 이와 대조적으로, 오프셋 설계로 인해 로터(105)에 대한 변형률(예를 들어, 국부적으로 최대 70%)이 감소하면 로터(105)를 성형하는 데 사용할 수 있는 재료의 선택 폭이 넓어진다. 본 명세서에 설명된 국부적 변형은 블레이드의 중립 섬유(즉, 각 블레이드의 볼록한 측면과 오목한 측면 사이의 각 블레이드의 중간 선)에 대한 각 로터 블레이드(즉, 각 블레이드의 볼록한 측면)의 굽힘의 외부 곡률의 스트레치를 지칭한다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 이 외부 곡률은 일부 실시예에서 각 로터 블레이드(예를 들어, 볼록한 측면)에서 180 ° 일 수 있다. 로터(105)의 설계에서(로터(5)와 비교하여) 굽힘(블레이드가 접힌 경우)이 다르게 구성되기 때문에, 로터(105)의 로터 블레이드(117, 118)에 대한 국부 응력은 로터(5)의 로터 블레이드(17, 18)에 대한 국부 응력에 비해 작다.

[0055] 예를 들어, 오프셋 설계를 통해 로터(5)에 사용되는 폴리우레탄보다 가교량이 상대적으로 적은 열가소성 폴리우레탄을 사용할 수 있다. 로터(105)를 성형하는 데 사용되는 재료의 가교량이 적기 때문에 사출 성형 제조 공정을 사용하여 로터(105)를 제조할 수 있으므로 보다 비용 효율적으로 대량 생산할 수 있다. 이는 애슈어 주조, 진공 성형 및/또는 로스트 몰드에도 해당될 수 있다.

[0056] 일 측면에서, 로터(105)는 높은 유연성과 낮은 히스테리시스를 갖는 단일 엘라스토머 피스로서 구동 샤프트(4) 상에 성형된다. 예를 들어, 로터는 폴리아미드 TPE(TPA), 코폴리에스테르 TPE(TPC), 스티렌 TPE(TPS), 우레탄 TPE(TPU), TPE와 가교된 고무(TPV) 또는 아크릴로니트릴/부타디엔 고무+염화폴리비닐(TPZ)과 같은 열가소성 엘라스토머(TPE)로 형성될 수 있다. 또 다른 예로서, 로터는 폴리올레핀 엘라스토머(TPO) 또는 열가소성 폴리아미드 엘라스토머로 형성될 수 있다. 이러한 방식으로 로터(105)를 제조 및 성형하기 위한 다른 예시적인 재료는 미국 특허 제10,584,589호에 기재되어 있으며, 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 통합되어 있다.

[0057] 로터(105)의 설계는 확장된 상태에서의 로터(5, 105)의 동일한 최대 직경 및 동일한 회전 속도에서 로터(5)에 비해 개선된 유량(리터/분 단위로 더 높은 유량)을 갖는다는 것을 인식해야 한다. 전술한 바와 같이, 개선된 유량에 대한 한 가지 설명은 허브(116)의 직경이 허브(16)에 비해 감소함에 따라 로터 블레이드(17, 18)의 길이에 비해 로터 블레이드(117, 118)의 반경 길이가 상대적으로 더 길어지는 것일 수 있다.

[0058] 또한, 로터(105)의 설계는 로터(5, 105)의 동일한 최대 직경 및 동일한 회전 속도에서 로터(5)와 비교하여 로터를 통과할 때 혈액이 용혈 및 기타 외상을 완화할 수 있다. 일부 측면에서는 로터(105)를 사용하면 로터(5)의 회전 속도보다 더 높은 회전 속도에서도 용혈이 완화된다. 동일한 응력이 가해지면 동일한 양의 용혈이 발생할

수 있다. 로터(5)에 비해 로터(105)의 설계로 인해 유량이 높아지면 체적당 외상이 감소할 수 있다. 또한, 로터(5)에 비해 로터(105)의 설계로 인해 유속이 높아짐에 따라 혈액이 로터로 인한 스트레스를 받는 시간이 단축될 수 있다. 혈액 세포는 긴 충격 시간보다 짧은 시간 동안의 스트레스를 훨씬 더 잘 견뎌낼 수 있다.

[0059] 또한, 로터(105)가 펌프(1)와 함께 사용될 때, 유량(예컨대, 펌프(1)에 의해 이송되는 혈액)에서 모터 전류(예컨대, 펌프(1)의 사용 중 모터(6)의 전류) 및 유압에서 모터 전류로의 개선된 특성이 각각 실현될 수 있다는 것을 더 인식해야 한다. 이러한 개선에 의해, 로터(105)의 회전 속도와 함께 모터(6)를 제어하는 펌프 제어기의 모터 전류 신호가 추가적인 센서 없이 펌프(1)에 의해 이송되는 혈액의 유량을 실시간으로 계산하는 데 사용될 수 있다. 이러한 계산은 모터(6)를 제어하는 도 1에 도시된 펌프 제어기(31) 또는 본 기술 펌프 시스템의 다른 프로세서 또는 제어기에 의해 수행될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 방식으로, 모터 전류 신호 및 로터(105)의 회전 속도를 이용한 계산에 기초하여 제어기 또는 프로세서(예컨대, 펌프 제어기(31)에 의해 원하는 유량이 유지될 수 있다.

[0060] 예를 들어, 도 8을 참조하면, 본 개시에 따라 서로 다른 로터 속도에서 로터(5)를 사용하는 펌프(1)의 유량과 비교하여 모터 전류를 플롯하는 곡선을 포함하는 도표가 도시되어 있다. 도 8의 곡선은 고원 또는 역경사를 나타낸다. 도 8의 몇몇 곡선들은 동일한 모터 전류를 가지므로, 로터(5)를 사용하는 동안 펌프(1)의 유량은 추가 정보 없이는 계산할 수 없다.

[0061] 도 9를 참조하면, 본 개시에 따라 상이한 로터 속도에서 로터(105)를 사용하는 펌프(1)의 유량과 비교하여 모터 전류를 플롯하는 곡선을 포함하는 차트가 도시되어 있다. 도 9의 곡선은 펌프(1)가 로터(105)를 사용할 때 모터 전류와 유량 사이에 강한 단조로운 관계가 있음을 나타낸다. 따라서, 펌프(1)와 함께 로터(105)를 사용할 때, 유량은 추가 정보 없이 모터(6)의 모터 전류로부터 (예를 들어, 모터(6)를 제어하는 제어기 또는 시스템의 다른 프로세서에 의해) 계산될 수 있다.

[0062] 도 8 및 도 9의 아래에서 위로 올라가는 곡선은 테스트 중에 사용된 다음 로터 속도에 해당한다는 점에 유의해야 한다: 15 krpm(분당 킬로 회전수), 18 krpm, 20 krpm, 22 krpm, 24 krpm, 26 krpm, 28 krpm, 30 krpm, 32 krpm. 1,000rpm은 1krpm에 해당한다는 점을 알아야 한다.

[0063] 도 8 및 도 9를 비교하면, 도 8 및 도 9의 유량과 모터 전류 사이의 관계와 관련하여, 로터(5)에 대한 로터(105)의 동작에서 전술한 개선이 주목될 수 있다. 이와 관련하여, 도 9의 유량과 모터 전류 사이의 관계는 도 8에 도시된 관계보다 더 선형적이다. 전반적으로, 유량(주어진 압력에서)의 차이는 로터(105)의 모터 전류에 미치는 가변적 영향이 로터(5)에 비해 적다. 이는 로터(105)를 통과하는 혈액의 흐름이 로터(5)를 통과하는 혈액의 흐름보다 난류가 적다는 것을 나타낸다.

[0064] 일 측면에서, 블레이드(117, 118)는 사출 성형된 로터(105)의 언몰딩을 개선하기 위해 각 블레이드의 길이(구배 각도)에 걸쳐 단조로운 테이퍼를 각각 포함한다. 이 구배 각도는 금형 설계에 따라 축 방향 및/또는 반경 방향으로 향할 수 있다.

[0065] 전술한 바와 같이, 일 양상에서, 블레이드(117, 118)의 일부(125, 126)는 허브(116)의 전체 축 길이에 걸쳐 축(140)에 대해 오프셋된다는 것을 인식해야 한다(도 5e에 도시된 바와 같이). 다른 양상에서, 블레이드(117, 118)의 일부(125, 126)는 축(140)에 대해 (회전축(130)에 직교하는) 축(130)을 따라 축방향으로 선택된 지점 또는 일부에서만 오프셋될 수 있다. 예를 들어, 일 양상에서, 부분(125)에서 블레이드(117)의 원위 부분 및 부분(126)에서 블레이드(118)의 원위 부분은 축(140)으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋될 수 있지만, 부분(125, 126)의 나머지 부분은 반경 방향 축(140)을 따라 연장되며 오프셋을 포함하지 않을 수 있다. 다른 양상에서, 부분(125)에서 블레이드(117)의 근위 부분 및 부분(126)에서 블레이드(118)의 근위 부분은 축(140)으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋될 수 있지만, 부분(125, 126)의 나머지 부분은 반경 방향 축(140)을 따라 연장되고 오프셋을 포함하지 않을 수 있다. 다른 양상에서, 로터(105)의 원위 및 근위 단부(119, 120) 사이의 각 부분(125, 126)의 중앙 부분은 축(140)으로부터 미리 결정된 거리만큼 오프셋될 수 있지만, 부분(125, 126)의 원위 및 근위 부분은 오프셋을 포함하지 않을 수 있다. 다른 양상에서, 부분들(125, 126)은 허브(116)의 전체 축 길이에 걸쳐 오프셋될 수 있지만, 로터(117, 118)의 부분들(125, 126)과 반경 방향 축 사이의 오프셋 거리는 허브(116)의 길이에 따라 달라질 수 있다. 전술한 바와 같이, 일 양상에서, 블레이드(117, 118)는 일정한 헬리컬 피치를 포함할 수 있다. 일정한 헬리컬 피치는 제조 중에 로터(105)의 언몰딩을 용이하게 할 수 있다. 다른 측면에서는, 로터 블레이드(117, 118)의 피치는 원하는 대로 변화될 수 있다. 또한, 로터 블레이드(117, 118)는 원하는 만큼 허브(116) 주위에 1/4 트위스트, 1/2 트위스트, 또는 다수의 다중 트위스트(또는 그 일부분)를 포함할 수 있다. 또한, 로터(105)와 관련하여 상기에서 2개의 로터 블레이드(117, 118)가 도시되고 설명되었지만, 로터

(105)는 본원에 설명된 것에서 벗어나지 않고 단일 로터 블레이드 또는 임의의 수의 로터 블레이드를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 로터(105)의 블레이드는 크기, 모양 및 피치가 다양할 수 있으며, 따라서 다양한 애플리케이션에 사용될 수 있다.

[0066] 일 양상에서, 허브(116)로부터 블레이드(117, 118) 각각의 가장자리까지의 반경 방향 거리는 로터(105)의 한쪽 단부에서 로터(105)의 다른 쪽 단부까지 테이퍼 방식으로 달라질 수 있다. 테이퍼의 정도는 일정하거나 허브의 길이에 따라 달라질 수 있다. 로터(105)의 3차원 형상은 로터(105)를 사용하는 펌프의 성능의 다양한 측면을 개선하기 위해 도면에 도시되고 본원에 설명된 것과 관련하여 수정될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 펌프 성능의 이러한 측면은 효율 증가, 압력 발생 증가, 유량 대 차압 관계 개선, 또는 로터(105)의 형상에 기초하여 영향을 받는 펌프 성능의 다른 측면을 포함할 수 있지만 이에 국한되지 않는다.

[0067] 상기에서는 허브(116)가 허브(116)의 길이를 따라 일정한 직경을 갖는 원통형인 것으로 설명되었지만, 다른 측면에서는 허브(116)가 원추형 또는 절두원추형(즉, 원뿔의 절두형)을 가질 수 있어 허브(116)가 테이퍼링될 수 있다. 허브(116)가 절두원추형 형상을 갖는 경우, 허브(116)는 반대쪽 단부의 직경보다 한쪽 단부의 직경이 더 큰 것을 포함한다. 예를 들어, 도 10을 참조하면, 허브(116)는 원위 단부(119) 단부의 직경(b)이 허브(116)의 근위 단부(120) 단부의 직경(c)보다 작은 것으로 도시되어 있다. 일 측면에서, 허브(116)의 테이퍼는 허브(116)의 길이에 걸쳐 단조로울 수 있다. 테이퍼 허브는 로터(105)의 성형 해제를 용이하게 할 수 있다.

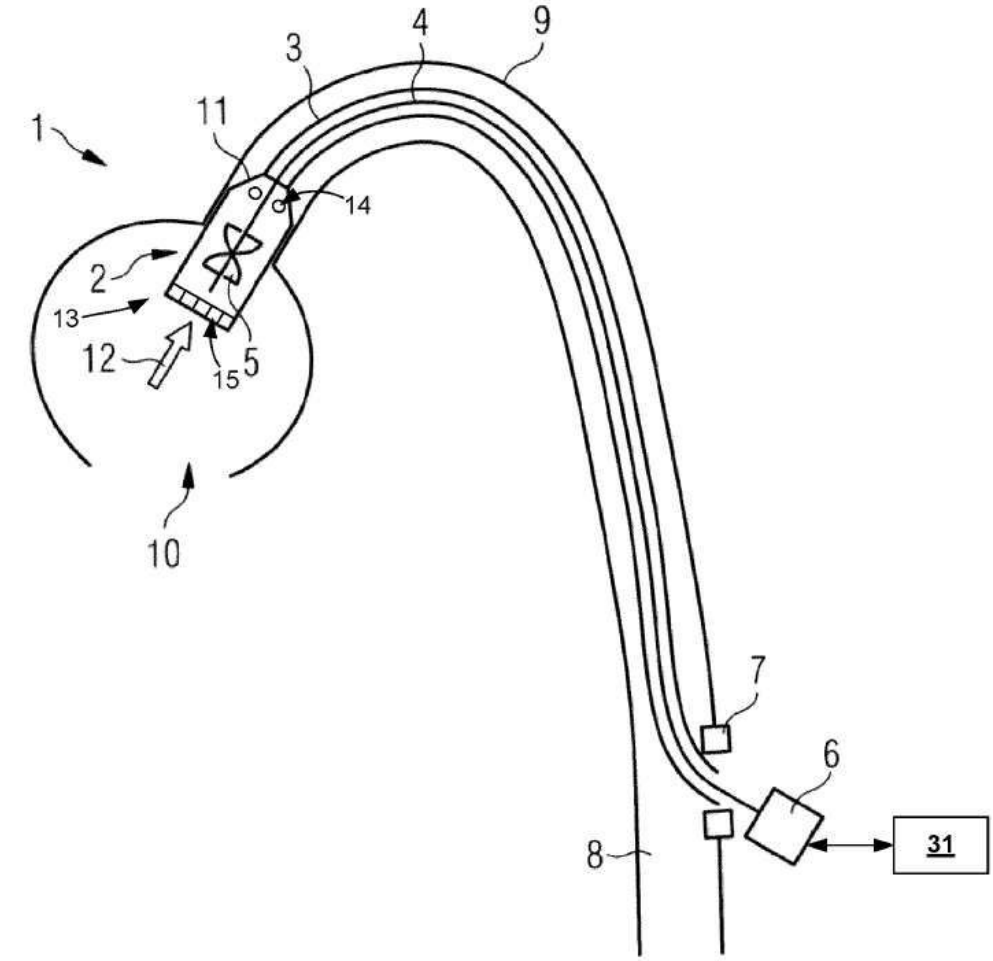
[0068] 전술한 바와 같이, 축(140)에 대한 블레이드(117, 118)의 부분(125, 126) 사이의 오프셋 정도는 허브(116)를 따라 상이한 축 방향 위치에서 달라질 수 있다는 것을 인식해야 한다. 허브(116)를 따라 축방향으로 오프셋되는 정도는 허브(116)의 테이퍼/원통도에 의해 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, 로터(105)가 허브(116)의 길이에 걸쳐 일정한 직경을 갖는 원통형 허브(116)를 포함하는 경우, 로터 블레이드(117, 118)의 각 부분(125, 126)과 축(140) 사이의 오프셋 정도는 허브(116)의 길이에 따라 달라지지 않을 수 있다. 그러나, 로터(105)가 도 10에 도시된 바와 같이 테이퍼형 허브(116)를 포함하는 경우, 축(140)에 대한 블레이드(117, 118)의 각 부분(125, 126)의 오프셋 거리(d)는 허브(116)의 한쪽 단부에서 허브(116)의 다른 쪽 단부까지 달라질 수 있다. 예를 들어, 허브(116)의 직경이 감소함에 따라 오프셋 거리(d)는 증가하고, 허브(116)의 직경이 증가함에 따라 오프셋 거리(d)는 감소할 것이다. 일 양상에서, 허브(116)의 중심 축 위치에서, 오프셋은 도 3b와 관련하여 위에서 설명한 로터 구성(60)과 유사할 수 있고, 허브(116)의 직경이 상대적으로 작은 허브(116)의 단부(119)를 향해 오프셋은 도 3c와 관련하여 위에서 설명한 로터 구성(80)과 유사할 수 있으며, 허브(116)의 직경이 상대적으로 큰 허브(116)의 단부(120)를 향해 오프셋은 도 3c와 관련하여 위에서 설명한 로터 구성(70)과 유사할 수 있다.

[0069] 로터(105)는 상기에서 유연한 구동 샤프트(4) 및 외부 모터(6)(환자 외부에 위치)를 포함하는 펌프(1)와 함께 사용하기 위해 설명되었지만, 로터(105)는 유체를 이송하기 위한 다른 유형의 유체 펌프와 함께 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 로터(105)는 혈액 펌프와 같은 펌프의 펌프 하우징에 배치될 수 있으며, 이 펌프 하우징은 로터(105)가 장착되는 경질(비연성) 구동 샤프트를 포함할 수 있다. 이 펌프는 강성 구동 샤프트를 구동하기 위한 온보드 모터를 포함할 수 있으며, 모터는 펌프 하우징 내에 위치하거나 펌프 하우징에 근접한 위치(예: 펌프 하우징의 근위 단부)에 위치할 수 있다.

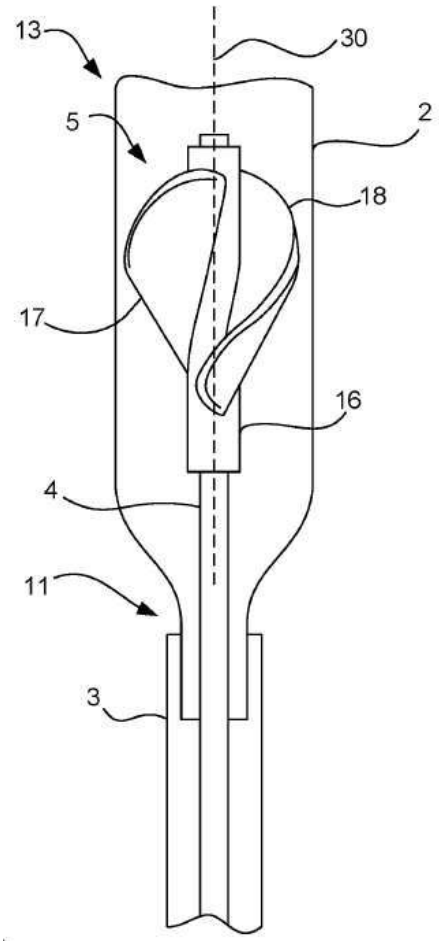
[0070] 전술한 바와 다양한 도면을 참조하여, 당업자는 본 개시의 범위를 벗어나지 않으면서도 본 개시에 특정 수정이 이루어질 수 있음을 인식할 것이다. 본 개시의 여러 측면이 도면에 도시되어 있지만, 본 개시는 당업자가 허용하는 범위 내에서 광범위하게 이루어져야 하고 명세서도 마찬가지로 읽혀져야 하므로, 본 개시가 이에 한정되는 것은 의도되지 않는다. 따라서, 상기 설명은 제한적인 것으로 해석되어서는 안 되며, 단지 특정 측면의 예시로서만 해석되어야 한다. 당업자는 본 명세서에 첨부된 청구범위의 범위 및 정신 내에서 다른 변경을 구상할 것이다.

도면

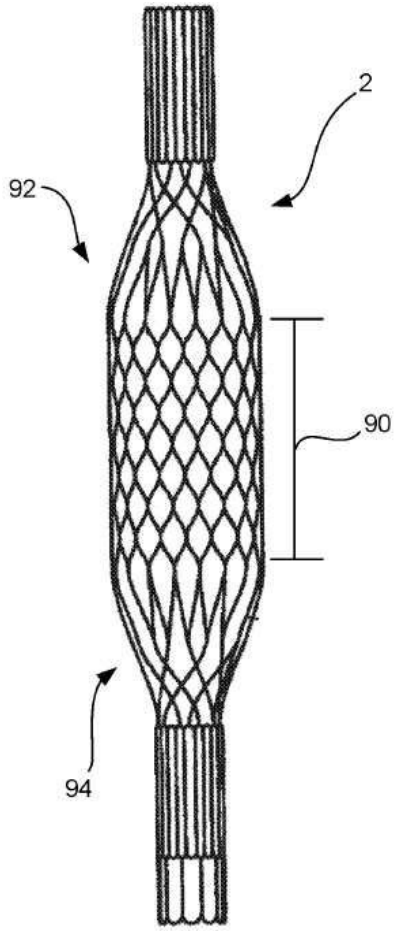
도면1



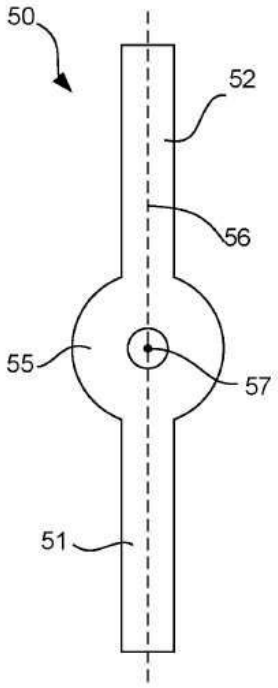
도면2a



도면2b

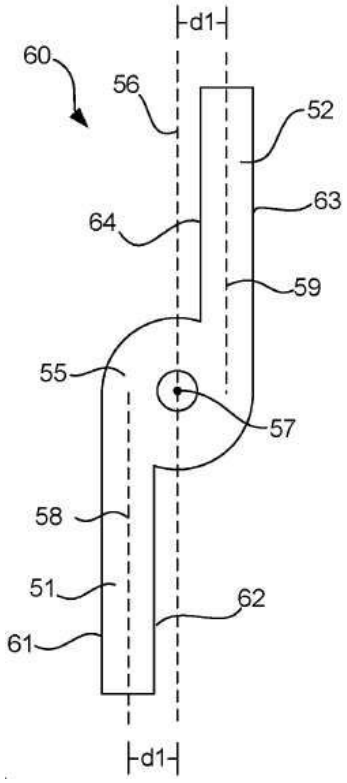


도면3a

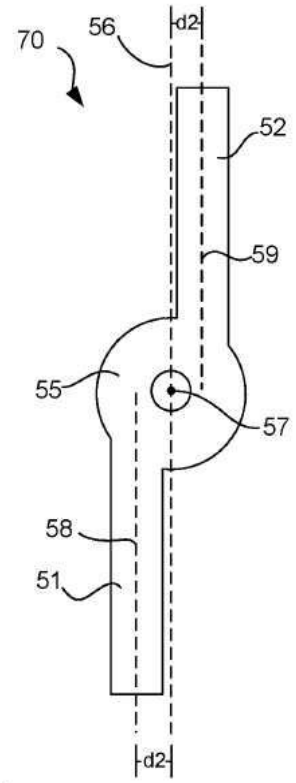


(종래기술)

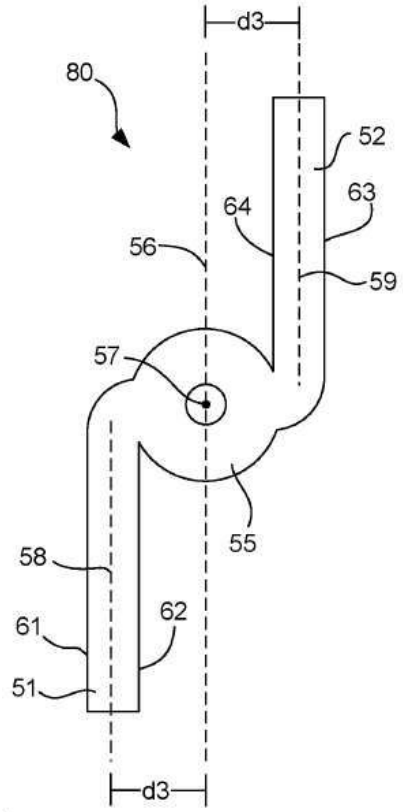
도면3b



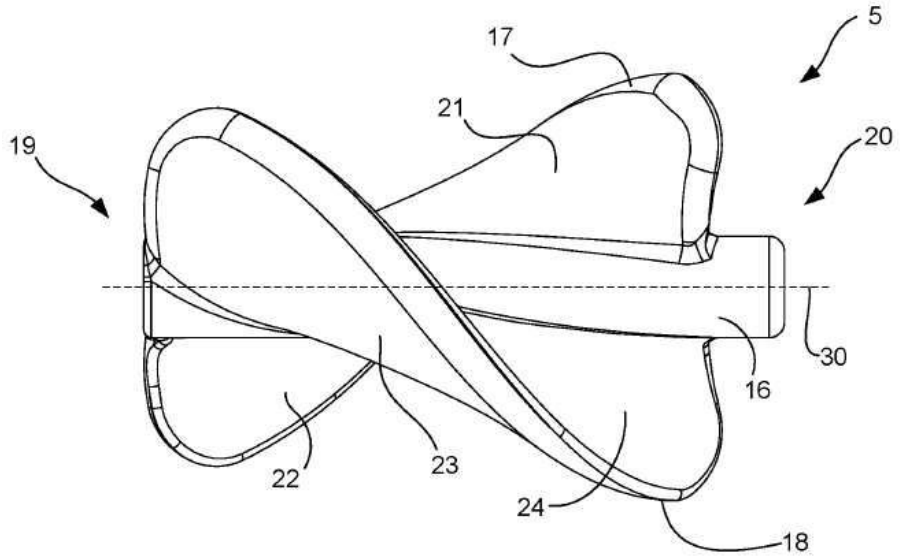
도면3c



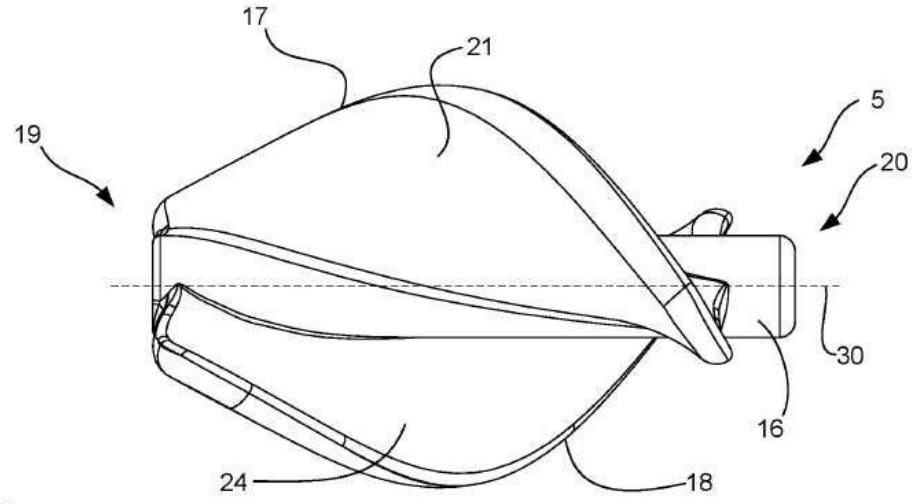
도면3d



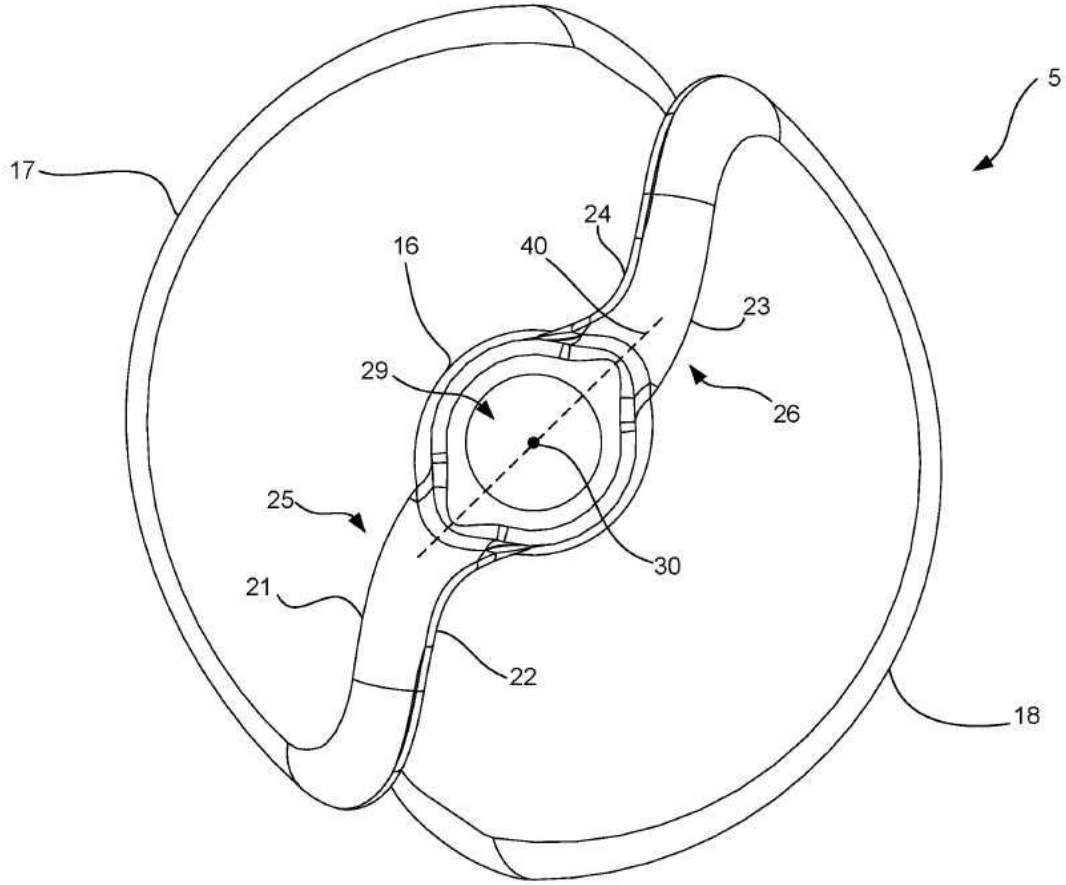
도면4a



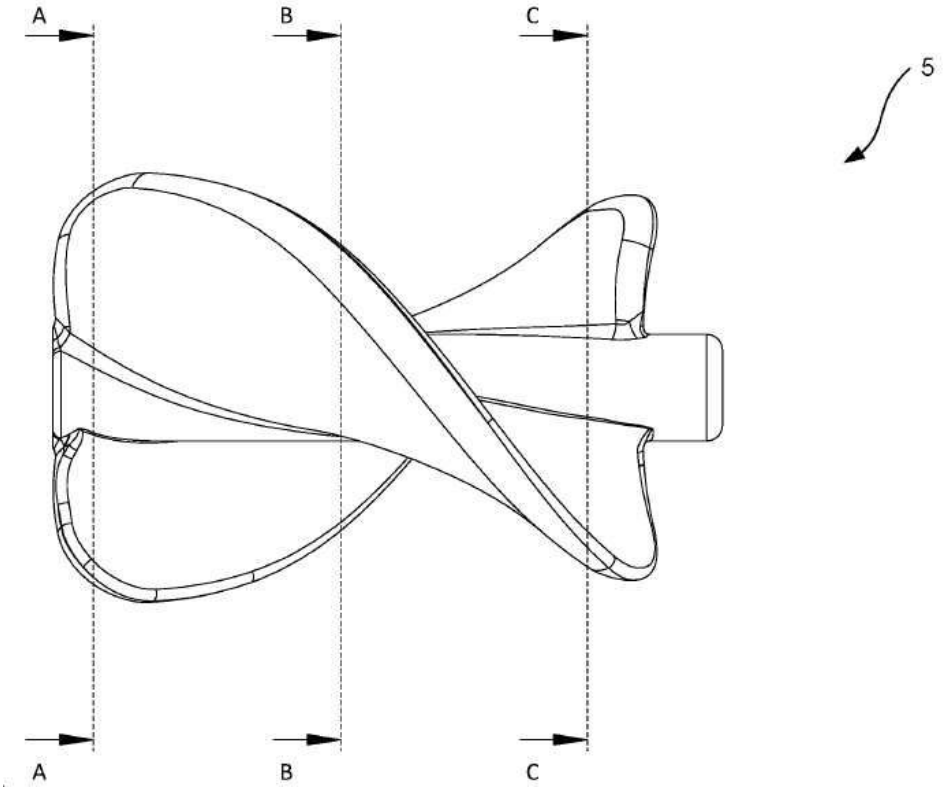
도면4b



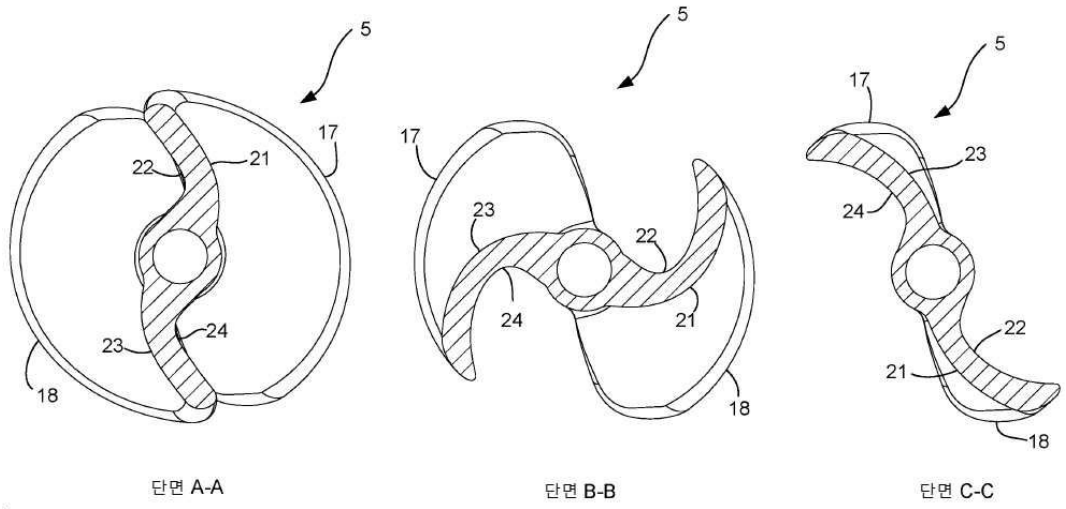
도면4c



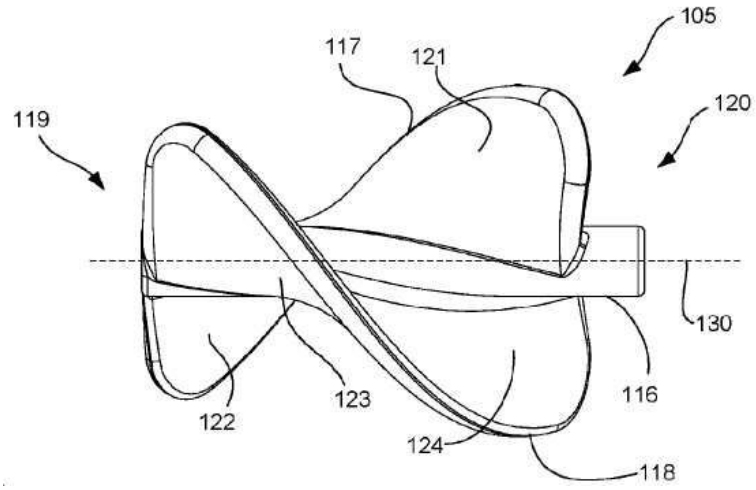
도면4d


A
B
C
5
A
B
C

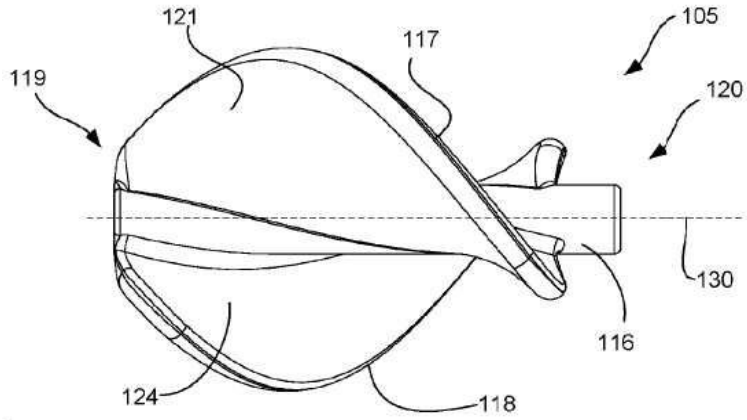
도면4e


5
17
22
21
23
24
18
단면 A-A
5
17
23
22
24
21
18
단면 B-B
5
17
23
24
22
21
18
단면 C-C

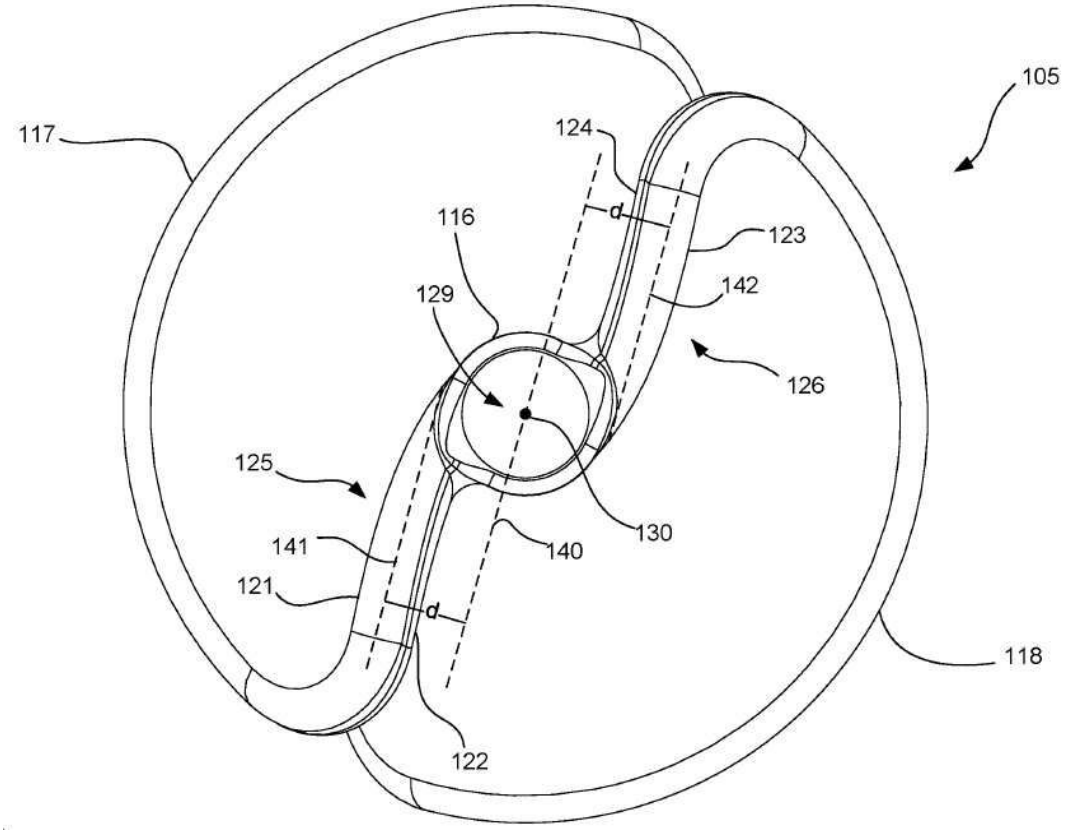
도면5a


105
117
121
119
120
130
123
116
122
124
118

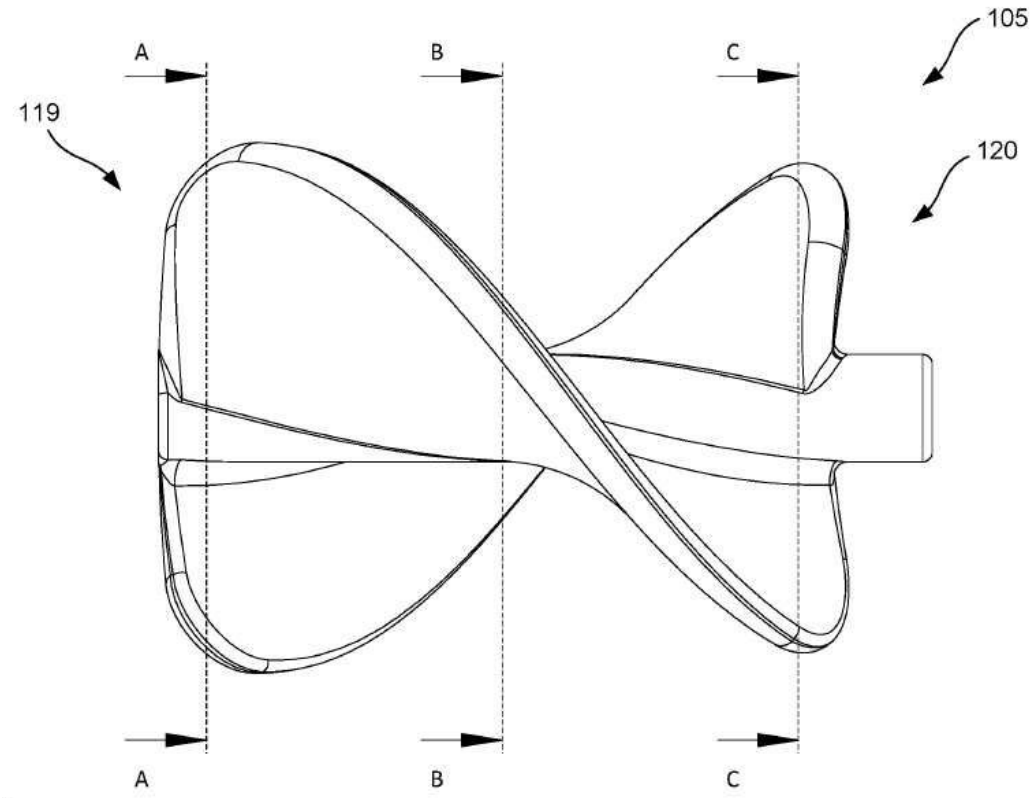
도면5b


121
117
105
119
120
130
116
124
118

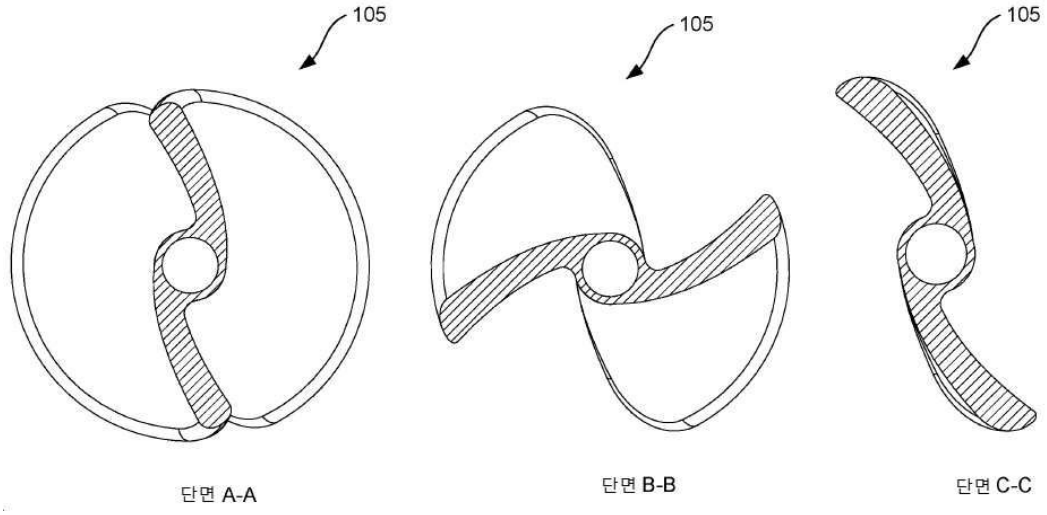
도면5c


105
117
124
116
d
123
129
142
126
125
130
141
140
121
d
118
122

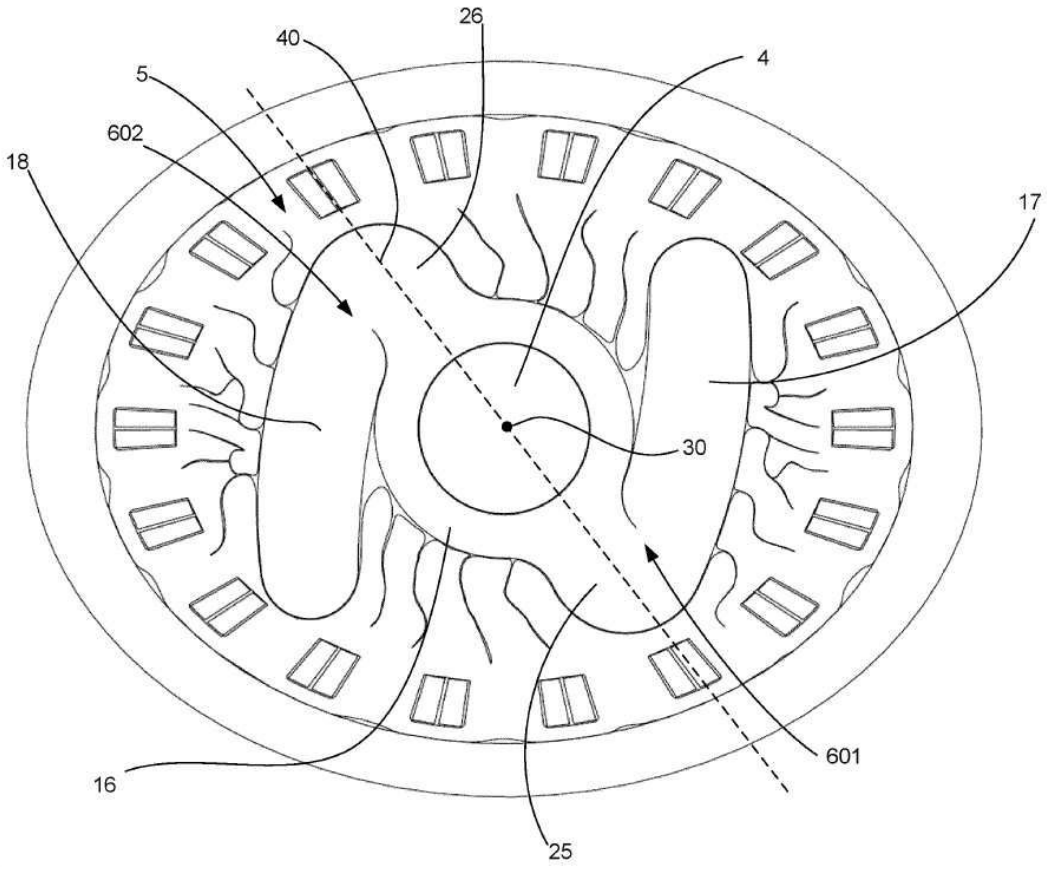
도면5d


105
A
B
C
119
120
A
B
C

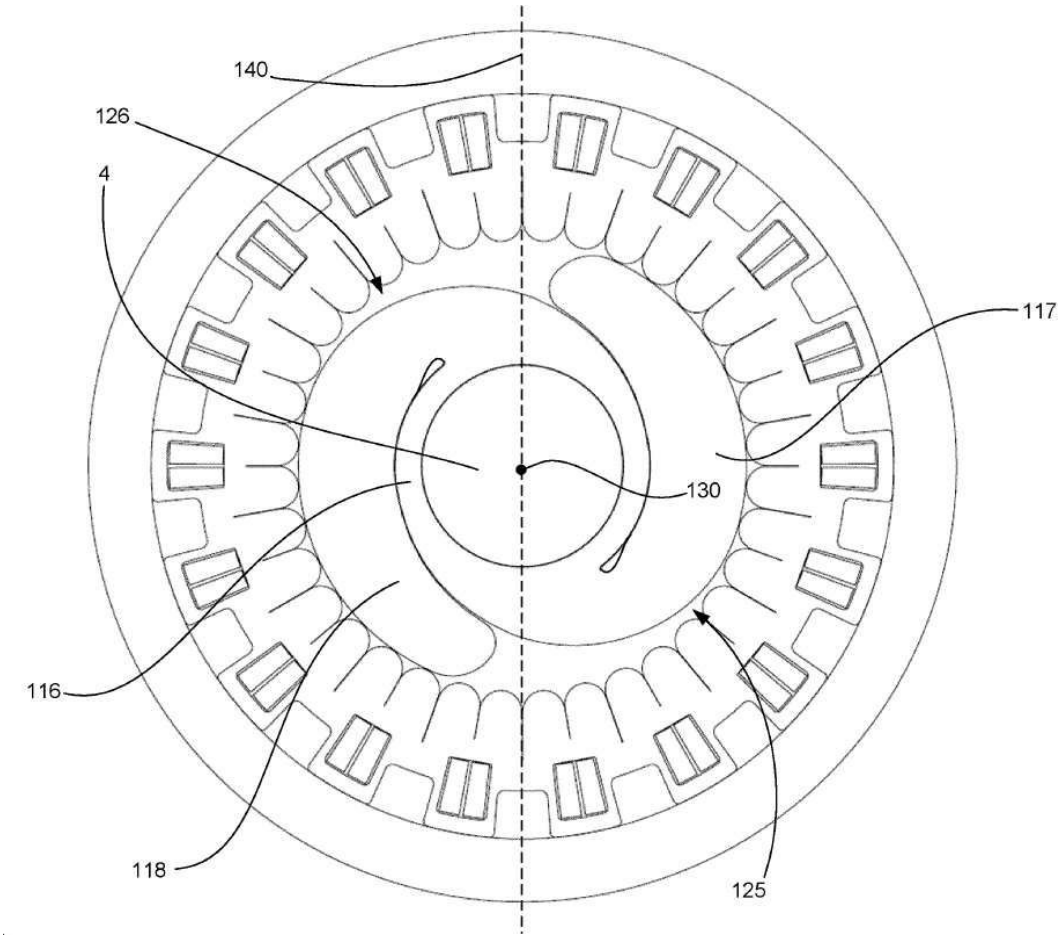
도면5e



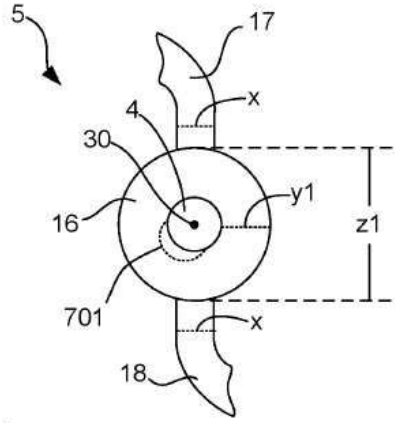
도면6a



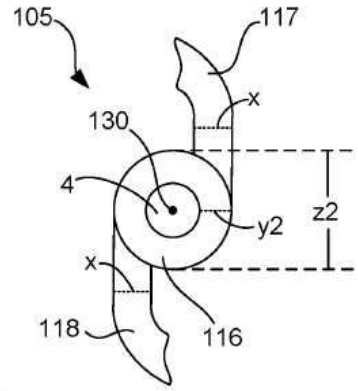
도면6b



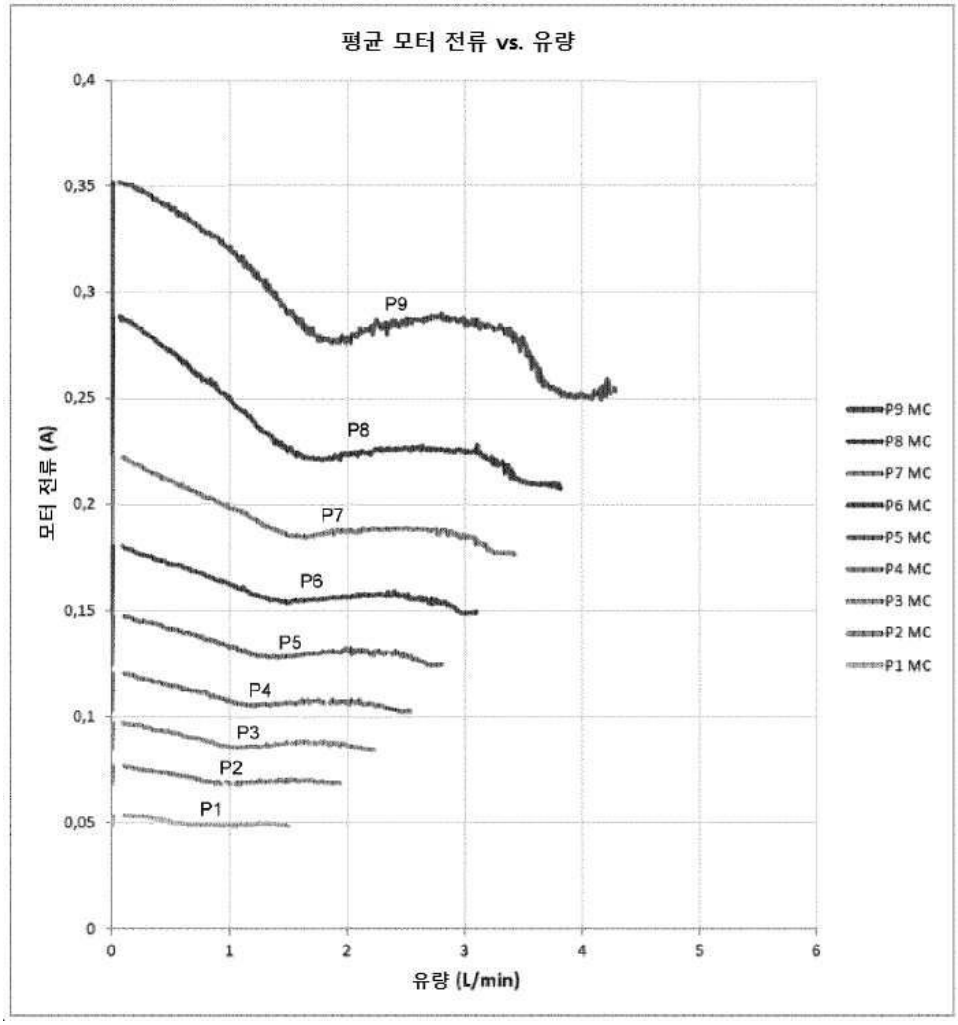
도면7a



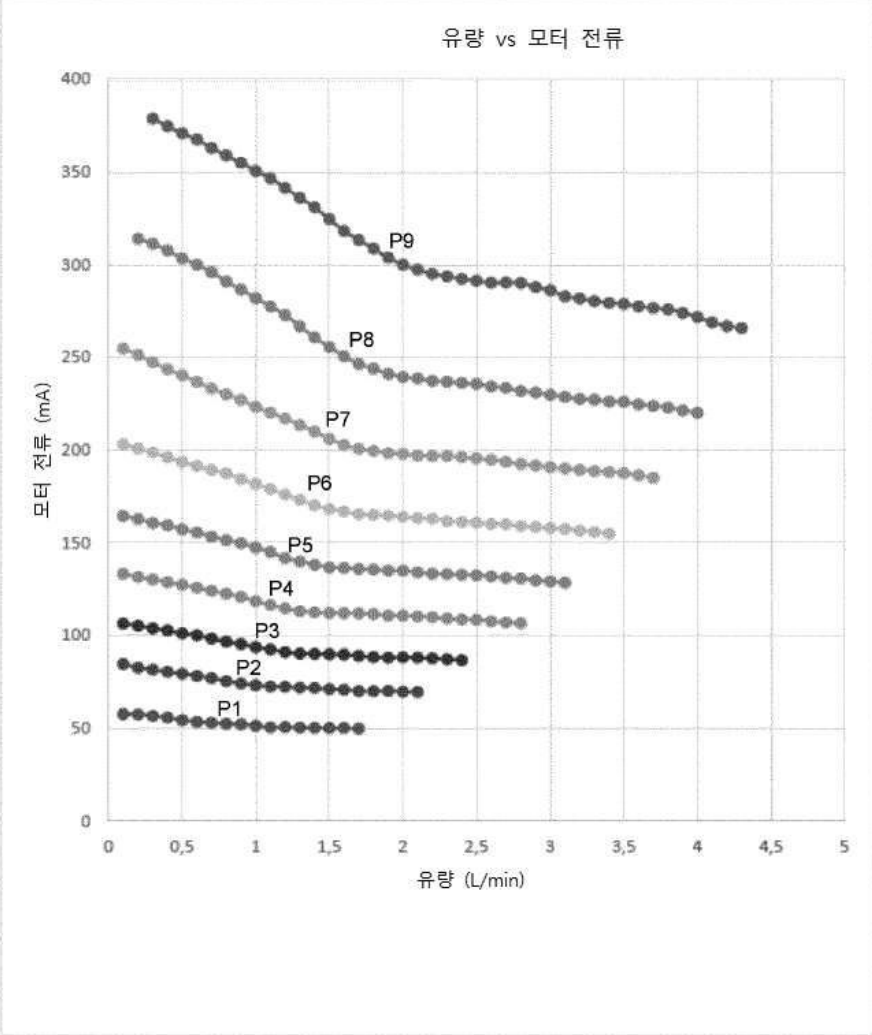
도면7b


105
117
x
130
4
y2
z2
x
118
116

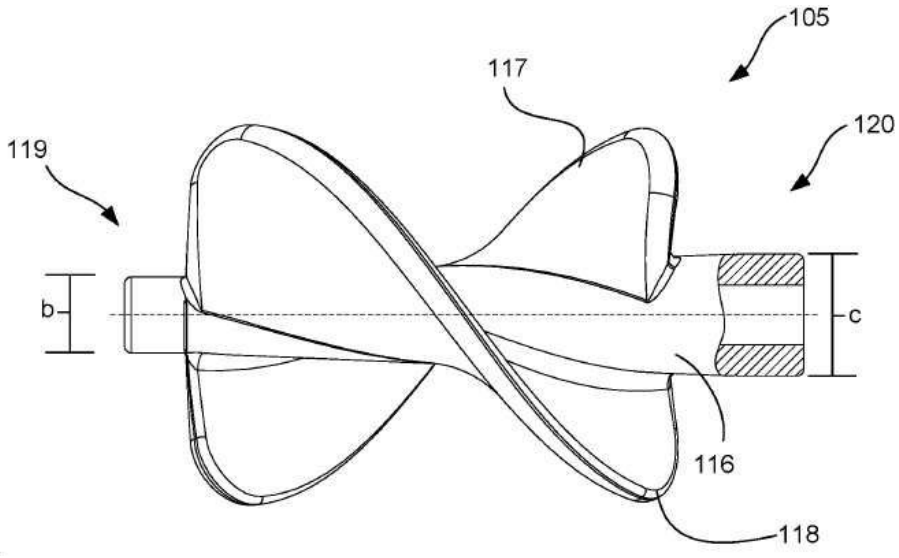
도면8


평균 모터 전류 vs. 유량
모터 전류 (A)
유량 (L/min)
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0
1
2
3
4
5
6
P9
P8
P7
P6
P5
P4
P3
P2
P1
P9 MC
P8 MC
P7 MC
P6 MC
P5 MC
P4 MC
P3 MC
P2 MC
P1 MC

도면9


유량 vs 모터 전류
모터 전류 (mA)
유량 (L/min)
P9
P8
P7
P6
P5
P4
P3
P2
P1
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5

도면10


105
117
120
119
b
c
116
118