



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월29일  
(11) 등록번호 10-2070835  
(24) 등록일자 2020년01월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
FO1D 5/14 (2006.01) B63H 1/26 (2006.01)  
B64C 27/473 (2006.01) B64C 39/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
FO1D 5/141 (2013.01)  
B63H 1/265 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7021104(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2017년05월25일  
심사청구일자 2019년08월21일
- (85) 번역문제출일자 2019년07월18일
- (65) 공개번호 10-2019-0089086
- (43) 공개일자 2019년07월29일
- (62) 원출원 특허 10-2018-7003514  
원출원일자(국제) 2017년05월25일  
심사청구일자 2018년10월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/034558
- (87) 국제공개번호 WO 2017/205680  
국제공개일자 2017년11월30일
- (30) 우선권주장  
62/342,284 2016년05월27일 미국(US)  
62/508,139 2017년05월18일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US06099256 A  
US20040009063 A1  
US20140161622 A1

- (73) 특허권자  
새로우 엔지니어링 엘엘씨  
미국, 펜실베이니아 19103, 필라델피아, 노스 우드  
스톡 스트리트 104
- (72) 발명자  
새로우, 그레고리, 찰스  
미국, 뉴저지 08034, 체리 힐, 파밍톤 로드 123
- (74) 대리인  
김순웅

전체 청구항 수 : 총 33 항

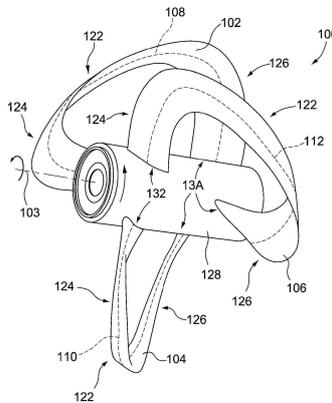
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 프로펠러

(57) 요약

비-축방향에서 유체 흐름을 생성하고 이를 축방향으로 전환하는 수단을 갖는 프로펠러가 개시된다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

*B64C 27/473* (2013.01)

*B64C 39/024* (2013.01)

*B64C 2201/108* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 블레이드를 갖는 프로펠러를 제조하는 방법으로서,

상기 복수의 블레이드 각각은 흡입부, 배출부, 및 상기 흡입부로부터 상기 배출부까지 연장되는 선단부를 갖고, 상기 방법은:

스큐각(skew angle), 롤(roll)각, 레이크(rake), 반경, 피치(pitch)각, 수직각(vertical angle) 값들을 포함하는 파라미터들 중 일부의 파라미터들을 선택함으로써 복수의 파라미터 섹션들을 정의하는 단계;

상기 선단부에서의 비-축방향 상승(lift)의 양이 상기 선단부에서의 축방향 상승보다 커지도록 파라미터들에 의해 상기 흡입부로부터 상기 선단부의 전이(transition)에서 파라미터 섹션을 정의하는 단계;

상기 선단부에 90도의 롤 값을 포함하도록 파라미터 섹션들을 정의하는 단계; 및

허브에 연결될 때 루프를 형성하도록 구성된 블레이드를 형성하도록 부드러운(smooth) 라인을 형성하기 위해 파라미터 섹션을 외삽하는(extrapolating) 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

비(non)-나선형 중간선을 따라 상기 파라미터 섹션들을 정렬하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 허브로부터 외측으로(outward) 연장되어 상기 허브 주위에 배치되는 복수의 블레이드들을 갖는 상기 허브를 형성하는 단계를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 흡입부에서의 비-축방향 상승의 양이 상기 선단부에서의 비-축방향 상승보다 작아지도록 파라미터들에 의해 상기 흡입부 내의 파라미터 섹션들에 대한 하나 이상의 파라미터들을 정의하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 배출부에서의 비-축방향 상승의 양이 상기 선단부에서의 비-축방향 상승보다 작아지도록 상기 배출부 내의 파라미터 섹션들에 대한 하나 이상의 파라미터들을 정의하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 흡입부의 평균 피치보다 큰 상기 블레이드의 배출부의 평균 피치각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 흡입부의 루트(root)가 상기 허브로부터 외측으로 연장될 때 상기 배출부의 루트 전방에 있도록 파라미터

들을 선택하는 단계를 포함하고, 스큐는 0에서 시작하여 양의 값으로 끝나는, 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

흡입 블레이드의 루트에서의 피치각보다 큰 상기 배출부의 루트에서의 피치각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 선단부가 상기 흡입부보다 상기 배출부에 더 가까운 90도 룰각을 갖도록 파라미터 섹션들에 대한 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 선단부 전체에 걸쳐 제로(0) 수직각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 흡입부의 루트 단부(root end)에서의 피치각보다 작은 상기 배출부의 루트 단부에서의 피치각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 파라미터 섹션들은 평면인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 13**

제1항에 있어서,

상기 흡입부 또는 상기 배출부 중 어느 하나와 비교하여 상기 선단부에서 최대의 평균 비-축방향 상승을 갖는 블레이드를 형성하도록 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하고, 상기 흡입부는 상기 블레이드의 0-45%이고, 상기 선단부는 상기 블레이드의 30%-75%이고, 상기 배출부는 상기 블레이드의 50%-90%인, 방법.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

90도 룰 이전에 그리고 상기 선단부의 흡입 단부(intake end)를 향해 상기 블레이드의 선단부의 적어도 일부분에서는, 상기 블레이드가 외측으로 연장되는 회전축으로부터 수직으로 측정된 파라미터 단면 노우즈(nose)까지의 거리(N)가 상기 회전축으로부터 수직으로 측정된 파라미터 단면 테일(tail)까지의 거리(T)보다 크도록 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하고,

상기 선단부의 80%는 90도보다 작은 룰 값을 갖고, N은 상기 선단부의 동일한 80%에 대해 T보다 큰 것을 특징으로 하는, 방법.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 선단부 전체에 걸쳐 0이 아닌 피치각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 흡입부 내의 파라미터 섹션들에 대한 평균 수직각보다 큰 상기 배출부 내의 파라미터 섹션들에 대한 평균 수직각을 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 17**

제1항에 있어서,

파라미터 섹션들의 레이크를 포함하는 파라미터들을 선택하는 단계를 포함하고,

상기 파라미터 섹션들의 레이크는 상기 블레이드의 처음 30% 내지 40%를 통해 상기 흡입부의 루트로부터 점점 더 음수(negative)가 되고, 상기 블레이드의 다음 10% 내지 15%에 대해서는 양의 값에 도달할 때까지 증가하고, 계속해서 상기 블레이드의 추가 20% 내지 40%에 대해 증가하고, 상기 블레이드의 나머지 부분에 대해서는 수평을 유지하거나 감소하는, 방법.

**청구항 18**

프로펠러로서,

복수의 블레이드들 - 상기 복수의 블레이드 각각은 흡입부, 배출부, 및 상기 흡입부로부터 상기 배출부까지 연장되는 선단부를 구비함 -; 및

허브를 포함하고,

상기 복수의 블레이드들은 상기 허브로부터 외측으로 연장되어 상기 허브 주위에 배치되고,

각각의 블레이드는 루프를 형성하고,

각각의 블레이드는 스큐각, 롤각, 레이크, 반경, 피치각, 수직각 값들을 포함하는 파라미터들 중 선택된 일부의 파라미터들을 갖는 복수의 파라미터 섹션들을 포함하고,

상기 프로펠러는 또한,

상기 선단부에서의 비-축방향 상승의 양이 상기 선단부에서의 축방향 상승보다 커지도록 파라미터들에 의해 정의된 상기 흡입부로부터 상기 선단부의 전이에서의 파라미터 섹션; 및

90도의 롤 값을 갖는 상기 선단부 내의 연속적인 파라미터 섹션들 사이의 파라미터 섹션 또는 영역을 포함하는, 프로펠러.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 복수의 블레이드들 각각은 불규칙한 나선형 중간선을 갖는, 프로펠러.

**청구항 20**

제18항에 있어서,

상기 복수의 블레이드들은 상기 흡입부에서의 비-축방향 상승이 선단부에서의 비-축방향 상승보다 작도록 구성되는, 프로펠러.

**청구항 21**

제18항에 있어서,

상기 복수의 블레이드들은 상기 배출부에서의 비-축방향 상승의 양이 상기 선단부에서의 비-축방향 상승보다 작도록 구성되는, 프로펠러.

**청구항 22**

제18항에 있어서,

상기 블레이드의 배출부의 평균 피치각은 상기 흡입부의 평균 피치보다 큰 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**청구항 23**

제18항에 있어서,

상기 흡입부의 루트는 상기 허브로부터 외측으로 연장될 때 상기 배출부의 루트 전방에 있고, 스큐는 0에서 시작하여 양의 값으로 끝나는, 프로펠러.

**청구항 24**

제18항에 있어서,

상기 배출부의 루트에서의 피치각은 흡입 블레이드의 루트에서의 피치각보다 큰 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**청구항 25**

제18항에 있어서,

상기 선단부는 상기 흡입부보다 상기 배출부에 더 가까운 90도 물각을 갖는, 프로펠러.

**청구항 26**

제18항에 있어서,

상기 선단부는 전체적으로 제로(0) 수직각을 갖는 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**청구항 27**

제18항에 있어서,

상기 배출부의 루트 단부에서의 피치각은 상기 흡입부의 루트 단부에서의 피치각보다 작은, 프로펠러.

**청구항 28**

제18항에 있어서,

상기 파라미터 섹션들은 평면인 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**청구항 29**

제18항에 있어서,

상기 블레이드들은 평균 비-축방향 상승이 상기 흡입부 또는 상기 배출부 중 어느 하나와 비교하여 상기 선단부에서 최대이도록 구성되고, 상기 흡입부는 상기 블레이드의 0-45%이고, 상기 선단부는 상기 블레이드의 30%-75%이고, 상기 배출부는 상기 블레이드의 50%-90%인, 프로펠러.

**청구항 30**

제18항에 있어서,

90도 롤 이전에 그리고 상기 선단부의 흡입 단부를 향해 상기 블레이드의 선단부의 적어도 일부분에서, 상기 블레이드가 외측으로 연장되는 회전축으로부터 수직으로 측정된 파라미터 단면 노우즈까지의 거리(N)는 상기 회전축으로부터 수직으로 측정된 파라미터 단면 테일까지의 거리(T)보다 크고,

상기 선단부의 80%는 90도보다 작은 롤 값을 갖고, N은 상기 선단부의 동일한 80%에 대해 T보다 큰 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**청구항 31**

제18항에 있어서,

상기 선단부 전체에 걸쳐 0이 아닌 피치각을 포함하는 것을 특징으로 하는 프로펠러.

**청구항 32**

제18항에 있어서,

상기 흡입부 내의 파라미터 섹션들에 대한 평균 수직각보다 큰 상기 배출부 내의 파라미터 섹션들에 대한 평균 수직각을 포함하는 것을 특징으로 하는 프로펠러.

**청구항 33**

제18항에 있어서,

상기 복수의 블레이드들은,

파라미터 섹션들의 레이크가 상기 블레이드의 처음 30% 내지 40%를 통해서는 상기 흡입부의 루트로부터 점점 더 음수가 되고, 상기 블레이드의 다음 10% 내지 15%에 대해서는 레이크가 양의 값에 도달할 때까지 증가하고, 계속해서 상기 블레이드의 추가 20% 내지 40%에 대해 증가하고, 상기 블레이드의 나머지 부분에 대해서는 수평을 유지하거나 감소하도록

구성되는 것을 특징으로 하는, 프로펠러.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 예를 들어 항공기, 선박, 터빈, 무인 항공기 및 공기 순환 장치에 사용될 수 있는 프로펠러에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전형적으로, 프로펠러는 회전 운동을 추력(thrust) 또는 유체 흐름으로 전환시킴으로써 동력을 전달하기 위한 다양한 구성으로 항공기, 선박, 터빈 등과 같은 장치들에 사용되어 왔다.

[0003] 프로펠러는 일반적으로 중앙 포스트(central post) 또는 허브에 부착된 2개 이상의 블레이드로 구성되며, 상기 블레이드들은 블레이드들을 지나는 물 또는 공기와 같은 유체를 추진하기 위해 블레이드의 전방 및 후방 표면들 사이에 압력차를 발생시키도록 만곡되거나 비틀림 등의 형상을 갖는다. 블레이드의 형상, 피치(pitch) 및 비틀림은 모두 프로펠러의 작동 효율에 영향을 미친다.

[0004] 블레이드 디자인을 변경하여 프로펠러 성능을 높이기 위한 수많은 시도가 있었다. 이러한 접근법은 어느 정도 성공적이었지만, 제한된 달성 가능 레이크(rake) 및 피치와 같은 제한된 특성을 갖는 프로펠러를 초래하곤 한다. 종래의 프로펠러에 비해 개선된 특성을 나타내는 프로펠러를 제공할 필요가 있다.

[0005] US 467 323 A 호는 프로펠러 블레이드의 아암(arms)에 대해 약간의 피치 및 비대칭 형상을 나타내는 프로펠러 블레이드를 개시한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 종래의 프로펠러에 비해 개선된 특성을 나타내는 프로펠러를 제공할 필요가 있다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명의 실시형태는 다수의 블레이드와 비-축방향 유체 흐름(non-axial fluid flow)을 유발하는 비-축방향 상승(non-axial lift)을 생성하는 수단 및 축방향 유체 이동 또는 추력(thrust)을 생성하기 위해 비-축방향 유체 흐름의 방향을 전환하는 수단을 갖는 프로펠러를 제공한다. 프로펠러는 허브를 포함하거나 림(rim) 또는 "허브 없는(hubless)" 형태일 수 있다. 다수의 블레이드는 허브로부터 외측으로 또는 림으로부터 내측으로 연장된다. 각각의 블레이드는, 개방 또는 폐쇄될 수 있고, 흡입부 및 배출부, 및 허브로부터 외측으로 또는 림 또는 "허브 없는" 형태로부터 내측으로 방사상으로 연장되는 선단부를 갖는 루프형 구조를 형성할 수 있다. 축방향 추력을 생성하기 위해 비-축방향 상승 및 비-축방향 유체 흐름을 생성하는 수단은, 다수의 블레이드 각각의 단면 프로파일에서, 회전축으로부터 블레이드의 선단 에지(leading edge)까지의 거리가 선단부의 적어도 일부에서 회전축으로부터 블레이드의 후단 에지(trailing edge)까지의 거리보다 큰 블레이드의 구성일 수 있다.

[0008] 블레이드는 흡입부, 배출부, 및 흡입부와 배출부를 연결하는 선단부를 가질 수 있지만, 반드시 개별 부품은 아니다. 프로펠러는 예를 들어 림 또는 허브에 있는 흡입 루트와 배출 루트를 갖는다. 선단부는 90도의 롤각(roll angle)을 포함할 수 있으며, 0의 롤각은 흡입 루트에 있다. 선단부의 수직각(vertical angle) 및 피치각(pitch angle)은 전체적으로 양일 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 선단부는 흡입 또는 배출부보다 더 많은 비-축방향 상승을 생성한다.

[0009] 예시적인 실시형태에서, 블레이드의 주어진 파라미터 섹션에 의해 생성되는 비-축방향 상승의 양이 생성된 축방향 상승보다 큰 경우, 흡입부로부터 선단부로의 전이(transition)가 발생한다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 개시된 프로펠러의 예시적인 실시형태에 관한 더 자세한 사항을 위해, 다음의 설명과 함께 아래에 제공된 상세한 설명이 참조되며, 모든 도면은 개시된 프로펠러의 예시적인 실시형태이다.

- 도 1a 내지 도 1e는 예시적인 프로펠러의 다양한 도면을 도시한다.
- 도 2는 프로펠러 블레이드를 정의하는 파라미터 섹션을 도시한다.
- 도 3은 블레이드 파라미터 섹션 형상을 도시한다.
- 도 4a 내지 도 4f는 프로펠러 블레이드의 흡입부, 선단부 및 배출부에서의 파라미터 섹션에 대한 레이크(rake)의 측정치를 도시한다.
- 도 5a 내지 도 5f는 프로펠러 블레이드의 흡입부, 선단부 및 배출부에서의 파라미터 섹션의 스큐각(skew angle) 및 수직각에 대한 측정치를 도시한다.
- 도 6은 프로펠러 블레이드 주변의 유체 흐름의 예를 도시한다.
- 도 7a 내지 도 7d는 선택된 파라미터 섹션에 대한 알파 및 반경 값의 예를 도시한다.
- 도 8a 내지 도 8h는 파라미터 섹션 또는 블레이드를 정의하는 다양한 파라미터의 예시적인 값 또는 상대값을 도시한다.
- 도 9a 내지 도 9f는 블레이드의 선택된 파라미터 섹션에 대한 피치각을 도시한다.
- 도 10a 및 도 10b는 터보팬(turbofan)의 도면을 도시한다.
- 도 11은 무인 항공기를 도시한다.
- 도 12a 내지 도 12c는 선택된 파라미터 섹션에 대한 롤각을 도시한다.
- 도 13a 내지 도 13f는 프로펠러 블레이드가 연장되는 링을 갖고 허브가 없는 프로펠러를 도시한다.
- 도 14a 및 도 4b는 2 개의 블레이드로 된 프로펠러 및 이의 단면을 도시한다.
- 도 15a 및 도 15b는 3 개의 블레이드로 된 프로펠러 및 이의 단면을 도시한다.
- 도 16a 및 도 16b는 5 개의 블레이드로 된 프로펠러 및 이의 단면을 도시한다.
- 도 17a 및 도 17b는 7 개의 블레이드로 된 프로펠러 및 이의 단면을 도시한다.
- 도 18a 내지 도 18f는 큰 레이크를 갖는 프로펠러의 예시적인 실시형태를 도시한다.
- 도 19a 내지 도 19f는 흡입 및 배출에 대해 큰 레이크를 갖는 프로펠러의 또 다른 예시적인 실시형태를 도시한다.
- 도 20a 내지 도 20i는 선내 프로펠러(inboard propeller)를 도시한다.
- 도 21a 내지 도 21f는 관통 허브 배출구(through hub exhaust)를 구비한 프로펠러를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0011] 도 1a 내지 도 1e는 예시적인 실시형태에 따른 프로펠러(100)를 도시하고 있다. 도 1a는 프로펠러(100)의 사시도이다. 도 1b는 프로펠러(100)의 측면도를 도시하며, 도 1c는 프로펠러(100)의 대향 측면을 도시하고 있다. 도 1d 및 도 1e는 각각 프로펠러(100)의 상면(전면)도 및 저면(후면)도를 도시하고 있다. 프로펠러(100)는 선단부

(122), 흡입부(124) 및 배출부(126)를 각각 갖는 다수의 블레이드(102, 104, 106)를 포함한다. 이 예시적인 실시형태에서, 블레이드(102, 104 및 106)는 허브(128)로부터 연장된다. 각각의 블레이드(102, 104, 106)는 중간선(median line; 108, 110, 112)을 각각 갖는다. 블레이드(102, 104, 106)는 허브 축(103)을 중심으로 회전한다. 간략화를 위해, "허브"라는 용어는 물리적 허브가 없는 경우라도 임의의 회전축을 포함하도록 사용될 수 있다.

- [0012] 블레이드는 비-축방향 상승 및 비-축방향 유체 흐름을 생성하는 수단 및 비-축방향 유체 흐름을 축방향 유체 흐름으로 전환하는 수단을 갖는다. 예시적인 실시형태에서, 비-축방향 상승 및 비-축방향 유체 흐름을 생성하는 수단은 블레이드의 선단부의 구성이며, 이는 이하에서 더 기술될 것이다. 예시적인 실시형태에서, 비-축방향 유체 흐름을 축방향 유체 흐름으로 전환하는 수단은 선단부 및 흡입부의 구성이며, 또한 배출부를 포함할 수 있고, 이는 또한 이하에서 더 상세히 설명될 것이다.
- [0013] 본원에서 사용되는 "프로펠러"라는 용어는 장치를 추진시키기 위해 유체를 이동시키는데 사용될 수 있거나, 예를 들어, 공기 등의 유체를 통과시키거나 주위로 이동시키는 냉각 또는 다른 공기 순환 팬과 같은 고정 장치에 사용되는 회전 블레이드 장치를 포함할 수 있다.
- [0014] 프로펠러(100)는 허브(128) 주위에 동일한 증분으로 배치된 3 개의 블레이드(102, 104, 106)를 갖는다. 프로펠러의 개시된 실시형태는 동일한 평면에서 회전하는, 예를 들어, 2 개, 3 개, 4 개, 5 개, 6 개, 7 개 또는 8 개의 블레이드를 가질 수 있다. 블레이드 수는 일반적으로 프로펠러의 응용에 따라 달라진다. 예를 들어, 블레이드의 면적을 증가시켜 블레이드 하중을 감소시키기 위해 프로펠러가 사용되는 보트 또는 비행기의 중량 증가에 추가적인 블레이드가 유리할 수 있다.
- [0015] 블레이드(102, 104, 106)는 허브 축(103)에 해당하는 축을 중심으로 회전하지만, 예를 들어 허브가 없는 장치에서 블레이드는 회전 지지체로부터 내측으로 연장하는 구성에서 회전하도록 구성될 수 있다. 지지체의 회전은 전자기장에 의해 발생될 수 있다. 허브(128)는 또한 중공일 수 있으며, 원심 팬(centrifugal fan)과 같이, 표면에 개구부를 가질 수 있다.
- [0016] 도 2는 흡입 루트(204) 부근의 파라미터 섹션(1) 및 배출 루트(206) 부근의 파라미터 섹션(29)을 포함하는 파라미터 섹션(1-29)을 갖는 블레이드(200)를 도시하고 있다. 각각의 파라미터 섹션은 일련의 물리적 특성 또는 측정치를 나타내며 이들의 값은 블레이드 영역의 특성을 결정한다. 파라미터 섹션은 집단적으로 블레이드(200)의 형상 및 이의 동작을 결정한다. 파라미터 섹션은 예시적인 실시형태에서 동일하게 이격되지만, 동일하지 않은 간격으로 선택될 수 있다. 도 2는 단지 블레이드 파라미터 섹션들을 어떻게 배치하여 블레이드 형상을 정의할 수 있는지를 예시하기 위해 제공된다. 파라미터 섹션은 블레이드를 따른 특정 위치에서의 블레이드(200)의 형상 및 방향을 나타낸다. 블레이드를 생성하기 위해 파라미터 섹션 간에 부드러운 전이가 형성된다. 본원에서 사용된 "방향(orientation)"은 위치를 포함할 수 있다. 도 2의 예시적인 실시형태에서, 블레이드 섹션(1-29)은 불규칙한 나선형 중간선(202)을 따라 배치된 평면 섹션이다. "불규칙한 나선"은 수학적 나선 정의 공식과는 다르다는 것을 의미하거나 나선상의 임의의 포인트에서의 접선과 프로펠러 축 간의 간격이 일정하지 않은 3차원 공간에서의 나선을 의미하기 위해 본원에서 사용된다. 블레이드는 적어도 부분적으로 불규칙한 비-나선형 중간선을 가질 수 있고, 또는 중간선은 전체적으로 불규칙한 나선일 수 있다.
- [0017] 29 개의 블레이드 섹션이 도 2에 도시되어 있지만, 그보다 많거나 적은 섹션을 사용하여 블레이드를 정의할 수 있다. 또한 섹션은 도시되지 않거나 완전히 도시된 허브 내에 존재하거나 부분적으로 존재할 수 있다. 블레이드는 평면 또는 원통형 파라미터 섹션에 의해 정의될 수 있다.
- [0018] 파라미터 섹션(1-29)은 예를 들어 톨각 및 수직각(알파)과 같은 방향 변수에 의해 정의되며, 위치 변수 및 코드(chord) 길이, 두께 및 캠버(camber)와 같은 형상 변수를 포함할 수 있다. 추가의 예시적인 방향 또는 위치 변수는 레이크, 스큐각 및 반경을 포함한다. 변수 중 일부 또는 그 이상이 블레이드 또는 블레이드 부분을 통해 변경될 수 있으며 일부는 전체적으로 일정할 수 있다. 방향 변수는 X-Y-Z 좌표계를 기준으로 측정될 수 있다. X-Y-Z 좌표계는 축 중심선에서의 원점과 축 또는 허브 축(103)에 대해 수직인 모선(generating line)을 갖는다. X-축은 허브 축(103)을 따르며, 하류 쪽으로 양이다. Y-축은 모선을 따라 올라가고 Z-축은 우회전 프로펠러에 대해 좌측으로 양이다. 좌회전 프로펠러는 Z-축을 전환하고 왼손 좌표계를 생성함으로써 형성된다.
- [0019] 파라미터 섹션은 예를 들어 반경, 레이크 및 스큐를 사용하여 이들의 코드(노우즈-테일(nose-to-tail)) 중간점(midpoint)에 의해 배치될 수 있다. 파라미터 섹션은 아래에서 더 기술되는 각도인 파이(Phi), 프사이(Psi) 및 알파(Alfa)를 사용하여 배향될 수 있다.

[0020] 도 3은 파라미터 섹션일 수 있는 블레이드의 단면 프로파일을 참조하여 블레이드 파라미터 섹션의 형상을 도시하고 있다. 예시적인 파라미터 섹션(300). 파라미터 섹션(300)은 비대칭 날개(airfoil) 형태이다. 날개는 파라미터 섹션의 선단 에지(310)에서 둥근 노우즈(noise; 306)와 파라미터 섹션(300)의 후단 에지(312)에서 뾰족하거나 덜 둥근 테일(tail; 308)을 갖는 곡선 블레이드 표면 라인(302)과 대체로 편평한 블레이드 표면 라인(304)에 의해 경계가 지어진다. 파라미터 섹션은 또한 대칭 날개 형상일 수 있다. 추가적인 파라미터 섹션 형상은 예를 들어 평행한 블레이드 표면 라인(302, 304)을 갖는 형상을 포함한다. 블레이드 표면 라인(302, 304)은 선형일 수도 있고 서로에 대해 소정 각도일 수도 있다. 노우즈와 테일 에지는 둘 다 둥글거나, 둘 다 평평하거나 (하나 또는 둘 모두의 블레이드 표면 라인(302, 304)에 대해 수직) 또는 노우즈와 테일 중 하나는 둥글 수 있고 다른 하나는 평평할 수 있다. 시트 재료로 형성된 블레이드는 예를 들어 대체로 평행한 블레이드 표면 라인(302, 304)을 나타낼 것이다. 시트로 형성된 블레이드의 예시적인 예에서, 블레이드의 선단 에지는 둥글고 후단 에지는 평평하거나 덜 둥글지만, 흡입 및 후단 에지 모두는 둥글 수 있다.

[0021] **파라미터 섹션에 대한 예시적인 형상 변수는 다음과 같이 정의된다:**

[0022] 반경(Radius): 반경이라는 용어는 파라미터 섹션의 형상 및 X-Y-Z 좌표계에 대한 방향 모두를 정의하는데 사용된다. 파라미터 섹션 형상과 관련하여, 반경은 예를 들어 파라미터 섹션(300)의 노즈(306)의 곡률을 의미할 수 있고, 따라서 "노우즈 반경"으로 지칭될 것이다. 반경을 계산하기 위해 파라미터 섹션(300) 상의 다른 지점들이 사용될 수 있다. 예로서, 파라미터 섹션의 선단 에지 반경은 최대 두께(316) 및 코드(314)의 길이를 기반으로 계산될 수 있다.

[0023] 코드(Chord): 코드는 파라미터 섹션의 노우즈-테일 라인(314)이다.

[0024] 두께: 다양한 두께 측정치는 예를 들어 최대 두께(316)와 같은 파라미터 섹션을 정의할 수 있다. 또 다른 예시적인 예는 최대 두께(316)의 백분율로서 계산될 수 있는 후단 에지 두께이다. 예를 들어, 후단 에지 두께는 파라미터 섹션(300)의 최대 두께(316)의 8%일 수 있다.

[0025] 캠버(Camber): 캠버(318)는 파라미터 섹션의 곡률을 정의한다.

[0026] **예시적인 방향 변수는 다음을 포함한다:**

[0027] 레이크(Rake): 레이크는 파라미터 섹션 코드 중간점의 축방향 위치이다.

[0028] "축방향 위치"는 이 경우에 프로펠러 회전축과 일치하는 X-축을 따르는 것을 의미한다. 예시적인 레이크 측정치가 다양한 파라미터 섹션에 대해 도 4a 내지 도 4f에 도시되어 있다. 도 4a 내지 도 4f 각각은 X-축이 프로펠러 회전축과 일치하고, Y-축 및 Z-축이 X-축에 대해 수직이며, 세 개의 축이 서로에 대해 수직인 좌표(X, Y 및 Z)를 도시하고 있다. 파라미터는 좌표계의 원점에서 측정된다. 예시적인 실시형태에서, 좌표계의 영점은 프로펠러 회전축을 따르며, 배출 루트보다 흡입 루트에 더 가깝다. 예시적으로, 흡입 루트를 향해 X-축을 따른 값들은 음이며 배출 루트를 향하는 값들은 양이다. 일반적으로 좌표계는 원하는 대로 배치되며 모든 파라미터 또는 형상은 선택한 좌표계의 원점에서 측정된다.

[0029] 도 4a 및 도 4b는 블레이드(400)의 흡입부(402) 상의 파라미터 섹션(412, 414)에 대한 레이크를 도시하고 있다. 도 4a에서의 파라미터 섹션(412)은 블레이드(400)의 선단부(404)를 향한다. 파라미터 섹션(414)은 흡입 루트(406)를 향한다. 레이크는 프로펠러 회전축을 따라 또는 회전축에 평행한 라인을 따라 측정된다. 도 4a 및 도 4b의 예시적인 예에서, 레이크는 X에서 0인 포인트 A로부터 포인트 B의 X 좌표 값까지의 거리이며, 포인트 B는 파라미터 섹션(412, 414)의 코드의 중간점(410)에 있다. 포인트 B의 X 좌표 값은 도 4a 내지 도 4f에서 B<sub>x</sub>로 표시되어 있다.

[0030] 도 4c 및 도 4d는 블레이드(400)의 선단부(404) 상의 파라미터 섹션(418, 420)에 대한 레이크를 도시하고 있다. 도 4c에서의 파라미터 섹션(418)은, 롤 값(아래에서 더 기술됨)이 0보다 크고 90도 미만인 블레이드(400)의 선단부(404)의 제 1 위치에 있다. 도 4d에서의 파라미터 섹션(420)은 롤 값이 90도 이상인 선단부(404)의 제 2 위치에 있다. 도 4c 및 도 4d의 예시적인 예에서, 레이크는 X에서 0인 포인트 A로부터 포인트 B의 X 좌표 값 B<sub>x</sub>까지의 거리이며, 포인트 B는 파라미터 섹션(418, 420)의 코드의 중간점(410)에 있다. 도 4e 및 도 4f는 블레이드(400)의 배출부(426) 상의 파라미터 섹션(422, 424)에 대한 레이크를 도시하고 있다. 도 4e에서의 파라미터 섹션(422)은 블레이드(400)의 선단부(404)를 향한다. 파라미터 섹션(424)은 배출 루트(428)를 향한다. 도 4e 및 도 4f의 예시적인 예에서, 레이크는 X에서 0인 포인트 A로부터 포인트 B의 X 좌표 값까지의 거리이며, 포인트 B는 파라미터 섹션(422, 424)의 코드의 중간점(410)에 있다.

- [0031] 피치각(Pitch Angle): 피치각은 파라미터 섹션의 코드 라인과 X-축에 대해 수직인 평면 사이의 각도이다. 피치각은 피치 거리 및 블레이드 반경을 기반으로 계산될 수 있다. 파라미터 섹션의 피치각의 예가 도 4a 및 도 4c에 제공되어 있다. 도 4a 및 도 4c는 각각 파라미터 섹션(412 및 418)에 대한 피치각을 도시하고 있다.
- [0032] 반경(Radius): 방향 반경은 허브 중심(208)로부터 파라미터 섹션의 코드(314)의 중간점(320)까지의 거리이다. 코드(314)는 또한 노우즈-테일 라인이라고 지칭될 수 있다. 이 단락에서 설명하는 반경은 X-Y-Z 좌표계에 대해 측정되지 않은 노즈 반경 또는 기타 파라미터 섹션 형상 반경과 구별하기 위해 파라미터 섹션 방향 반경이라고 지칭된다. 코드(314)의 중간점(320)은 중간선(202)이 통과하는 파라미터 섹션 코드 라인상의 포인트이다. 이는 허브 중심(208)로부터 파라미터 섹션(5)의 코드의 중간점까지 연장되는 라인(R)으로 도 2에 표시되어 있다. 파라미터 섹션(5)의 코드 및 이의 중간점은 도 2에 구체적으로 도시되어 있지 않다는 것에 주목하라.
- [0033] 도 5a 내지 도 5f는 블레이드 회전축(X)을 따라 바라본 블레이드(400)를 도시하고 있다. 도 5a 내지 도 5f는 대표적인 파라미터 섹션 반경 및 스쿼각을 나타낸다. 도 5a는 블레이드(400)의 흡입부(402)에서의 파라미터 섹션(412)의 반경을 도시하고 있다. 도 5b는 파라미터 섹션(412)보다 흡입 루트(406)로부터 더 멀리 있는 블레이드(400)의 흡입부(402)에서의 파라미터 섹션(414)의 반경을 도시하고 있다. 또한, 도 5c 및 도 5d는 각각 파라미터 섹션(418, 420)이 선단 부분(404)에 있는 파라미터 섹션(418 및 420)에 대한 반경을 도시하고 있다. 도 5e 및 도 5f는 각각 배출부(426) 내에 있는 배출 파라미터 섹션(422 및 424)에 대한 반경을 도시하고 있다. 흡입부(402), 선단부(404) 또는 배출부(426)에 있는 파라미터 섹션(412, 414, 418, 420, 422 및 424)의 위치는 단지 설명의 편의를 위해 제공된다. 실제 파라미터 값 및 결과적인 유체 흐름은 섹션의 위치를 달리 정의할 수 있다.
- [0034] 도 5a 내지 도 5f는 파라미터 섹션(412, 414, 418, 420, 422, 424)의 스쿼각을 더 도시하고 있다. 스쿼각은 코드(314)의 중간점(410)을 통해 라인으로부터 모선까지의 투영 각도이고, 이 예시적인 실시형태에서 Y-축은 허브 축(103)(X-축)을 따라 바라본 것이다.
- [0035] 도 7a 내지 도 7d는, 스쿼각 및 반경을 도시하는 것 이외에, 각각 도 7a 내지 도 7d에 표시된 파라미터 섹션의 수직각인 알파를 도시하고 있다. 수직각은 "상승각(lift angle)"이라고도 한다. 알파는 스쿼 라인에 대해 수직인 라인에 대해 파라미터 섹션이 회전하는 각도이고, 이는 도 6a 내지 도 6d에서 확인되며 아래에서 기술된다. 상기한 스쿼 라인은 스쿼각을 형성하는 제로 스쿼 라인과 함께 라인을 지칭한다. 알파의 값에 따라, 파라미터 섹션의 노우즈는 제로 스쿼 라인에 대해 스쿼각을 형성하는 스쿼 라인에 대해 수직인 라인으로부터 "상승"하거나 "하강"할 것이며, 제로 스쿼 라인은 도 7a 및 도 7d에서 확인되는 좌표계의 Y-축과 일치한다.
- [0036] 도 5a 내지 도 5f는 알파가 0이기 때문에 알파를 나타내지 않는다. 알파가 0일 때, 파라미터 섹션의 코드 라인은 제로 스쿼 라인에 대해 수직이다. 이는 도 5a 내지 도 5f를 도 7a 내지 도 7d와 비교하면 알 수 있다.
- [0037] 롤(Roll): 롤은 파라미터 섹션이 이의 코드 라인을 중심으로 회전되는 각도이다. 본원에서 기술되는 제로 롤 값은 허브 축에 평행한 평면 내에 있다. 예시적인 실시형태에서, 흡입 루트(132)에서의 롤은 0이고, 배출 루트(134)에서의 롤은 180도이며, 90도의 롤은 선단부(122) 내의 위치에 있다.
- [0038] 다양한 예시적인 실시형태가 특성의 조합에 의해 기술될 것이다. 개시된 프로펠러는 특성의 다양한 조합, 요소의 균등물을 포함하며, 모든 특성이 포함되는 것은 아닌 실시형태도 포함할 수 있다.
- [0039] 프로펠러의 예시적인 실시형태에서, 프로펠러는 일반적으로 도 1a 내지 도 1e에 도시된 바와 같은 루프 형태의 다수의 블레이드를 포함한다. 도 1a에서의 프로펠러는 프로펠러 영역과 함께 세부 사항을 동일시하기 위한 일반적인 참조로서만 언급된다. 프로펠러 블레이드의 실제 형태는 파라미터에 따라 그리고 지정된 범위 내에서 달라진다.
- [0040] 프로펠러(100)의 각각의 블레이드(102, 104, 106)는 선단부(122), 흡입부(124) 및 배출부(126)를 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 흡입부는 블레이드의 0-45%이고, 선단부는 블레이드의 30%-75%이며, 배출부는 블레이드의 50 퍼센트 내지 90 퍼센트이다.
- [0041] 프로펠러(100)는 각각 동일한 특성 및 파라미터를 갖는 다양한 개수의 블레이드를 가질 수 있지만, 블레이드 간의 변형은 실시형태의 범위 내에 있다. 예시적인 블레이드 수는 2 개 내지 12 개이지만, 하나의 프로펠러에 더 많은 블레이드가 포함될 수 있다. 특정 실시형태에서, 프로펠러는 3 개, 4 개, 5 개, 7 개 또는 11 개의 블레이드를 가질 수 있다. 루프형 블레이드를 갖는 프로펠러 실시형태에서, 블레이드는 허브(128)에서 흡입 루트(132) 및 허브(128)에서 배출 루트(134)를 갖는다. 흡입부(124), 선단부(122) 및 배출부(126)는 함께 폐쇄 루프를 형성할 수 있고 또는 루프는 흡입 "루트" 또는 배출 "루트"에서 개방될 수 있다.

- [0042] 물: 물각(프사이)은 예를 들어 코드(314)에 대한 방향각이다. 다시 도 1a 내지 도 1f를 참조하면, 흡입부(124)는 허브(128)를 갖는 프로펠러에 대해 일반적으로 외측으로 허브(128)로부터 연장된다. 흡입부(124)는 흡입 루트(132)에서 0의 물 값을 가질 수 있다. 흡입부(124) 축방향 상승만을 또는 비-축방향 상승보다 더 많은 축방향 상승을 형성하도록 구성된다. 흡입부(124)에서의 모든 파라미터 섹션에 대한 물 값은 0일 수 있다. 흡입부(124)에서의 파라미터 섹션에 대한 예시적인 물 값 범위는 흡입 루트(132)에서 0으로부터 흡입부(124)가 선단부(122)로 전이되는 곳에서 대략 1도 내지 35도까지 진행한다. 흡입 루트(132)로부터 선단부(122)까지의 흡입부(124)에 대한 물 값의 추가 범위는 0에서부터 대략 5도 내지 25도 사이 및 0에서부터 내지 대략 10도 내지 20도 사이를 포함한다.
- [0043] 선단부(122)는 또한 0의 물 값으로부터의 제 1 편차에서 시작하여, 90도의 물 값 또는 90도보다 큰 물 값에서 시작하는 선단부 배출 단부까지 연장되는 선단부 흡입 단부에 의해 정의될 수 있다.
- [0044] 선단부(122)는 비-축방향 상승만을, 축방향 상승보다 더 많은 비-축방향 상승을, 또는 흡입부(124)보다 더 많은 비-축방향 상승을 생성하도록 구성된다. 선단부(122)에서의 파라미터 섹션의 물 값은 90도 미만에서 90도 이상으로 변할 것이다. 선단부(122)의 예시적인 물 값 범위는 흡입부(124)로부터의 전이에서 1도와 46도 사이 내지 선단부가 배출부(126)로 전이되는 곳에서 91도와 150도 사이를 포함한다. 선단부(122)의 추가의 예시적인 물 값 범위는 흡입부(124)로부터의 전이에서 5도 내지 25도에서 시작하여 110도 내지 135도의 물로 전이되는 것을 포함한다.
- [0045] 예시적인 실시형태에서, 흡입부(124)로부터 선단부(122)로의 전이는 주어진 파라미터 섹션에 의해 생성되는 비-축방향 상승의 양이 축방향 상승보다 클 때 발생한다. 본 발명의 특정 실시형태에서, 이러한 전이는 물이 45도 일 때 또는 물이 40도 내지 50도의 범위에 있을 때 발생한다.
- [0046] 배출부(126)는 선단부(122)보다 적은 비-축방향 상승을 생성하도록 구성된다. 본 발명의 예시적인 실시형태에서, 블레이드는 평균 비-축방향 상승이 흡입부(124) 또는 배출부(126)에 비해 선단부(122)에서 가장 크도록 구성된다. 예시적인 실시형태에서, 블레이드는 평균 비-축방향 상승이, 있는 경우, 흡입부(124)보다 배출부(126)에서 더 많도록 구성된다. 배출부(126)의 예시적인 물 값 범위는 선단부(122)로부터 배출부(126)로의 전이에서 91도와 150도 사이 내지 배출 루트(134)에서의 180도를 포함한다. 추가의 예시적인 범위는 선단부(122)로부터의 전이에서 91도 내지 135도에서 시작하여 배출 루트(134)에서 180도의 물로 전이되는 것을 포함한다.
- [0047] 도 8a 내지 도 8h는 파라미터 섹션 또는 블레이드를 정의하는 다양한 파라미터의 예시적인 값 또는 상대값을 나타낸다. 도 8a는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 물 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 흡입 루트(132)에서 시작하여 배출 루트(134)까지, 파라미터 섹션 물은 블레이드의 처음 25 퍼센트에 걸쳐 대략 0에서 5도로 변하고, 블레이드의 다음 50 퍼센트에 걸쳐 대략 5도에서 대략 162도로 변하며, 블레이드의 마지막 25 퍼센트에 걸쳐 대략 165도에서 대략 180도로 변한다.
- [0048] 예시적인 실시형태에서 비-축방향 상승은 블레이드의 10 퍼센트 내지 90 퍼센트에 의해 생성된다. 추가의 예시적인 범위는 10 퍼센트 내지 75 퍼센트 및 25 퍼센트 내지 50 퍼센트를 포함한다.
- [0049] 도 6은 블레이드(602, 604) 주위의 유체 흐름을 도시하는 프로펠러(600)의 예시적인 실시형태를 도시하고 있다. 흡입부(606, 608)는 각각 블레이드(602, 604)의 흡입부(606, 608)에서의 축방향으로의 유체 흐름을 도시하고 있다. 프로펠러가 전진하거나 유체가 블레이드(602, 604)를 통해 이동함에 따라 유체 유동은 축방향으로 유지된다. 유체 유동은 블레이드(602, 604)의 배출부(610, 612)로부터 각각 벗어날 때 여전히 축방향이다.
- [0050] 블레이드(602, 604)의 선단부 내에서, 축방향 추력은 비-축방향 상승으로부터 발생된다. 비-축방향 상승은 루프의 내부와 같이 프로펠러 블레이드로의 유체 흐름을 유발한다. 유체는 선단부(610, 612)의 선단 에지와 비-축방향으로 만난다. 유체가 선단부(610, 612)에 의해 인입될 때, 블레이드(602, 604)의 루프 내에서 축방향을 향하여 전환된다. 비-축방향 상승은 항력(drag)을 유발할 수 있으며, 이는 선단부에 의해 생성된다. 유체가 블레이드(602, 604)의 후단 에지를 통과할 때, 선단부(610, 612)에서, 유체는 축방향에 있거나 블레이드(602, 604)의 루프의 내부에 진입할 때보다 더 많이 축방향을 향한다.
- [0051] 예시적인 실시형태에서, 프로펠러(600)는 프로펠러의 후방에서 유체 흐름의 자유 스트림과 제트 스트림의 혼합을 생성하도록 구성되며, 혼합 영역은 프로펠러의 직경보다 크고, 이 경우 프로펠러 직경은 허브 축을 통과하는 프로펠러의 최대 폭의 측정치이다.

- [0052] 도 1a 내지 도 1f를 다시 참조하면, 선단부(122), 흡입부(124) 및 배출부(126)는 중간선(108, 110, 112)을 따라 반드시 동일한 거리만큼 연장될 필요는 없다. 도시된 실시형태에서, 흡입부(124)는 배출부(126)보다 짧은 거리를 차지한다. 따라서, 블레이드가 축방향 상승을 비-축방향 상승으로 전환하도록 구성된 중간선(108, 110, 112)을 따른 거리는 흡입 루트(132)보다 배출 루트(134)로부터 더 큰 거리만큼 연장된다. 예시적인 실시형태에서, 흡입부(124)는 중간선 길이의 10 퍼센트 내지 50 퍼센트 범위의 거리만큼 연장되고, 배출부(126)는 중간선 길이의 10 퍼센트 내지 60 퍼센트 범위의 거리만큼 연장되며; 선단부(122)는 중간선 길이의 5 퍼센트 내지 60 퍼센트의 거리만큼 연장된다.
- [0053] 도 8b는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 상대 피치각의 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 흡입 루트(132)에서 시작하여 배출 루트(134)까지, 파라미터 섹션 피치각은 대략 70도에서 대략 35도로 변하고, 블레이드의 다음 50 퍼센트에 걸쳐 피치각은 대략 35도에서 대략 25도로 변하며, 블레이드의 마지막 25 퍼센트에 걸쳐 피치각은 대략 25도에서 대략 75도 변한다. 본 발명의 예시적인 실시형태에서, 선단부(122)는 전체적으로 0이 아닌 피치각을 갖는다. 본 발명의 예시적인 실시형태에서, 선단부(122)는 0이 아닌 피치를 갖고, 비-축방향 상승의 방향을 전환하여 축방향 추력을 생성하도록 정의되고 구성된다.
- [0054] 도 8c는 예시적인 실시형태에 따른 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 수직각(알파)을 도시하고 있다. 수직각은 파라미터 섹션을 스큐에 대해 수직에서 벗어나도록 배향한다. 예시적인 실시형태에서, 수직각은 모든 파라미터 섹션에 대해 0이다. 또 다른 실시형태에서, 흡입부 및 선단부에 대한 수직각은 모든 파라미터 섹션에 대해 양이고 배출부에 대한 수직각은 모든 파라미터 섹션에 대해 음이다. 또 다른 실시형태에서, 선단부(122)는 0이 아닌 수직각을 갖는 적어도 하나의 파라미터 섹션을 가질 수 있다. 다른 실시형태에서, 선단부 및 흡입부에 대한 평균 수직각은 배출부의 평균 수직각보다 크다.
- [0055] 예시적인 실시형태에서, 배출부(126)에서의 파라미터 섹션에 대한 평균 수직각은 흡입부(124)에서의 파라미터 섹션에 대한 평균 수직각보다 크다.
- [0056] 선단부(122)의 수직각의 예시적인 범위는 0 내지 1도; 1도 내지 10도; 4도 내지 6도; 0 내지 5도; 1도 내지 4도; 및 2도 내지 3도를 포함한다. 수직각은 또한 블레이드 전체에 걸쳐 0일 수 있다. 선단에서의 수직각은 유체가 블레이드 "루프"의 내부로 유입되어 할 수 있고 따라서 항력을 생성할 수 있다. 선단에서의 수직각은 또한 이동 방향에서 축외로 벗어난 유체 흐름을 생성할 수 있고 이는 루프 내에서 축방향 유체 흐름으로 전환된다. 선단 영역에서 수직각이 클수록 비-축방향 상승의 양이 많아지고 결과적으로 프로펠러로 유입되는 비-축방향 유체의 양이 많아진다. 선단부(122)에서의 파라미터 섹션의 수직각은 근처에서 비-축방향 상승 및 항력을 생성할 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 수직각은 블레이드 전체에 걸쳐 -45도 내지 45도; 블레이드 전체에 걸쳐 -25도 내지 25도 또는 -15도 내지 15도이다.
- [0057] 도 8d는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 상대 반경 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 파라미터 섹션의 반경은 흡입 루트(132)에서 시작하여 블레이드의 처음 60 퍼센트 내지 80 퍼센트에 걸쳐 증가한 다음 파라미터 섹션을 통해 배출 루트(134)까지 감소한다. 이 단락 및 다른 곳에서 사용된 바와 같이, 파라미터 섹션에 걸친 파라미터의 변화는 블레이드에 걸친 변화에 해당한다.
- [0058] 도 8e는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 레이크 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서 레이크는 흡입 루트(132)로부터 블레이드의 처음 30 퍼센트 내지 40 퍼센트까지 점점 더 음(negative)일 수 있다. 레이크는 양의 값에 도달할 때까지 블레이드의 다음 10 퍼센트 내지 15 퍼센트까지 증가할 수 있다. 레이크는 이후 블레이드의 추가 20 퍼센트 내지 40 퍼센트에 대해 계속 증가한 다음 블레이드의 나머지 부분에 대해 수평을 유지하거나 감소한다. 레이크는 또한 0의 위치의 흡입 루트로부터 양의 배출 루트 값까지 선형일 수 있다.
- [0059] 도 8f는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 상대 스큐 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 스큐 값은 흡입 루트(132)로부터 배출 루트(134)까지 연속적으로 증가한다. 다른 예시적인 실시형태에서, 스큐 값은 연속적으로 감소할 수 있고, 따라서 배출부가 이의 회전 평면에서 흡입부 및 선단부의 전방에 있다. 파라미터 섹션 코드(314)는 블레이드 전체 또는 블레이드의 일부분에서 스큐 라인에 대해 수직일 수 있고, 코드(314)가 수직인 스큐 라인은 제로 스큐 라인과 함께 스큐각을 형성하는 스큐 라인이다.
- [0060] 도 8g는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 상대 캠버 값을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 파라미터 섹션의 캠버는 흡입 루트(132)에서 양의 값으로부터 배출 루트(134)에서 음의 값으로 변하고, 블레이드의 흡입 측은 음의 캠버에 대한 양의 캠버의 계면에서 선단부로부터 배출부로의 전이 근처에서 블

레이드의 가압 축으로 변환한다.

- [0061] 도 8h는 블레이드의 흡입 루트로부터 배출 루트까지의 예시적인 상대 코드 값을 나타낸다. 예시적인 실시형태에서, 코드는 흡입 루트(132)로부터 감소한 다음 배출부(126)를 향해 증가하기 시작하고 배출 루트(134)로 계속 증가한다. 다른 예시적인 실시형태에서, 코드는 흡입 루트(132)로부터 증가한 다음 배출부(126)를 향해 감소하고 배출 루트(134)로 계속 감소한다.
- [0062] 예시적인 실시형태에서, 선단부 흡입 단부로부터 선단부 배출 단부까지의 선단부(122)는 다음 특성들 중 하나 이상을 나타낸다:
- [0063] - 평균 축방향 상승보다 큰 평균 비-축방향 상승;
- [0064] - 선단부 흡입 단부로부터 선단부 배출 단부까지의 비-축방향 상승;
- [0065] - 전체적으로 0인 알파 값;
- [0066] - 전체적으로 양인 피치각;
- [0067] - 전체적으로 양인 피치 거리
- [0068] - 선단부(122)의 70% 내지 95%의 부분에 걸쳐 양의 피치각;
- [0069] - 80도의 롤 값을 갖는 파라미터 섹션으로부터 95도의 롤 값을 갖는 파라미터 섹션까지 연장되는 선단부 내의 최대 블레이드 반경 값.
- [0070] 아래의 차트는 선택된 파라미터 섹션에 대한 예시적인 값을 제공한다. 파라미터 섹션은 30 개의 파라미터 섹션으로 정의된 블레이드에서의 섹션(2, 6, 11, 19, 25 및 29)이다. 파라미터 섹션(2)은 선택된 파라미터 섹션 중 흡입 루트(132)에 대해 가장 가깝다. 파라미터 섹션(29)은 선택된 파라미터 섹션 중 배출 루트(134)에 가장 가깝다.

**표 1**

섹션 & 도면 번호	반경 (인치)	피치 (인치)	스큐°	피치각 (파이)	롤 (프사이)
섹션 2 도 5a	0.860	9.899	3.139	61.38	0.57
섹션 6 도 5b	2.000	9.396	12.615	36.79	3.34
섹션 11 도 5c	3.278	9.366	25.043	24.45	11.98
섹션 19 도 5d	4.335	10.248	46.069	20.62	91.38
섹션 25 도 5e	2.674	11.197	62.206	33.68	172.24
섹션 29 도 5f	0.941	12.035	73.241	63.85	178.62

- [0072] 도 5a 내지 도 5f는 각각 파라미터 섹션(2, 6, 11, 19, 25 및 29)의 개략도를 제공한다. 상기한 바와 같이, 도 5a 내지 도 5f는 0의 알파 값을 갖는 파라미터 섹션들을 도시하고 있다. 예시적인 실시형태에서, 이들 파라미터 섹션은 모두 프로펠러 블레이드를 형성하는 제로 알파 값을 갖는 파라미터 섹션의 그룹의 일부일 수 있다.
- [0073] 도 5a 내지 도 5f를 참조하면, 반경은 파라미터 섹션(2)으로부터 파라미터 섹션(19)까지 증가하고 파라미터 섹션(25)으로부터 파라미터 섹션(29)까지 감소한다는 것을 알 수 있다. 피치, 스큐 및 롤은 파라미터 섹션(2, 6, 11, 19, 25 및 29) 전체에서 증가한다. 피치각은 파라미터 섹션(2)로부터 파라미터 섹션(25)까지 감소한 후 파라미터 섹션(29)에서 증가를 보인다.
- [0074] 도 9a 내지 도 9f는 각각 파라미터 섹션(2, 6, 11, 19, 25 및 29)에 대한 피치각의 개략도를 제공한다. 피치각은 블레이드 전체에서 변하고 흡입 및 배출 루트에서 가장 큰 값이 발생한다.
- [0075] 도 7a 내지 도 7d는 아래 표에 도시된 블레이드를 정의하는 30 개의 파라미터 섹션 중 파라미터 섹션(6, 11, 19

및 25)의 표현을 도시하고 있다. 이들 파라미터는 다양한 알파 값을 포함한다. 아래의 차트는 선택된 파라미터 섹션에 대한 예시적인 값을 제공한다.

표 2

섹션 & 도면 번호	반경 (인치)	피치 (인치)	스큐°	피치각 (파이)	롤 (프사이)	수직각 (알파)
섹션 6 도 7a	2.000	9.396	12.615	36.79	3.34	16.74
섹션 11 도 7b	3.278	9.366	25.043	24.45	11.98	16.34
섹션 19 도 7c	4.335	10.248	46.069	20.62	91.38	11.75
섹션 25 도 7d	2.674	11.197	62.206	33.68	172.24	-14.80

[0076]

[0077]

[0078]

[0079]

[0080]

[0081]

[0082]

[0083]

[0084]

[0085]

[0086]

[0087]

[0088]

[0089]

[0090]

[0091]

[0092]

[0093]

[0094]

[0095]

[0096]

반경, 피치, 스큐, 피치각 및 롤은 알파가 0인 예시적인 예와 동일한 값이 주어진다. 도 7a 내지 도 7d에 나타난 실시형태에서, 알파는 파라미터 섹션(6 내지 19)에 걸쳐 감소한 후 파라미터 섹션(19 및 25) 사이의 블레이드상의 위치에서 음이 된다. 이러한 변화는 도 7a 내지 도 7d에 도시되어 있다.

값들이 파라미터 섹션들과 관련되는 모든 곳에서, 흡입부, 선단부 및 배출부 각각이 본원에서 정의됨에 따라 값들은 블레이드 부분들을 정의할 수 있음을 알아야 한다.

프로펠러의 예시적인 실시형태는 본원에 기술된 다음 특성 및 임의의 특성 중 하나 이상을 가질 수 있다:

- 흡입 측의 90도 롤 상의 선단부(122)의 적어도 일부에 걸쳐, 허브 축(103)으로부터 수직으로 측정된 파라미터 섹션의 노우즈까지의 거리(N)는 허브 축으로부터 수직으로 측정된 파라미터 섹션의 테일까지의 거리(T)보다 크다;

- 선단부의 80%는 90도 미만의 롤 값을 갖고 선단부의 동일한 80%에 대해  $N > T$ 이다;

- 배출부(126)의 평균 피치각은 흡입부(124)의 평균 피치보다 크다;

- 피치각은 롤이 변할 때 변한다;

- 피치각은 블레이드 전체에서 양이다.

- 프로펠러 블레이드의 전체 선단 에지의 길이는 프로펠러 축으로부터 수직으로 측정한 전체 후단 에지의 길이보다 길다.

- 첫 번째 레이크 위치(흡입 루트)는 마지막(배출 루트) 레이크 위치보다 작고, 따라서 흡입 루트와 배출 루트 사이에 결과적으로 갭이 있고 흡입 루트의 후방에 배출 루트가 있다;

- 스큐는 흡입 루트(132)로부터 배출 루트(134)까지 증가한다;

- 흡입 루트는 배출 루트의 전방에 있고 스큐는 0에서 시작하여 양의 값으로 끝난다;

- 흡입 루트는 배출 루트의 후방에 있고 스큐는 0에서 시작하여 음의 값으로 끝난다;

- 전체 흡입부는 선단 영역을 제외하고 배출부의 전방에 있다;

- 블레이드 단면의 가장 큰 두께는 코드의 중간점과 단면의 선단 에지 사이에 있다;

- 압력면은 흡입부의 선단 쪽으로 계속 향한 다음 배출부에서 흡입면이 된다;

- 흡입 루트(132)는 배출 루트(134)와 일렬이고 따라서 스큐는 0이다;

- 종래의 프로펠러와 비교하여 배출 블레이드의 하류에서의 제트 스트림과 자유 스트림의 실질적인 혼합;

- 블레이드는 자유 스트림과 제트 스트림의 혼합을 증가시켜 프로펠러의 직경을 "효과적으로 증가"시키도록 구성된다;

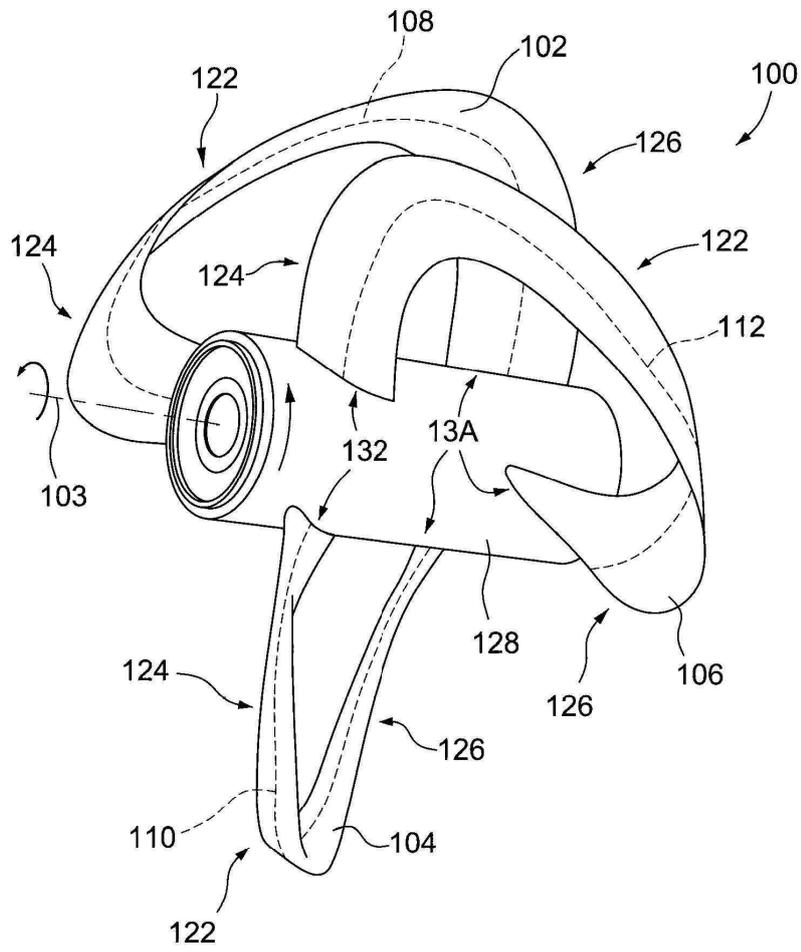
- 배출 블레이드의 루트 단부에서의 피치각은 흡입 블레이드의 루트 단부에서의 피치각보다 크다;

- [0097] - 선단부는 흡입부보다 배출부에 더 가까운 90 도의 물각을 갖는다;
- [0098] - 흡입부 루트와 배출부 루트 사이의 갭;
- [0099] - 블레이드 전체에서 변하는 파라미터 섹션의 코드 길이;
- [0100] - 블레이드를 정의하는 파라미터 섹션은 평평하고 중간선에 대해 수직이다;
- [0101] - 블레이드를 정의하는 파라미터 섹션의 일부 또는 전체는 비-평면이고 중간선에 원통형이다;
- [0102] - 배출부의 음의 레이크;
- [0103] - 배출부의 양의 레이크; 및
- [0104] - 다양한 구성의 블레이드가 단일 프로펠러에 통합된다.
- [0105] 프로펠러 변형은 동일한 중간선을 가질 수 있지만, 다른 파라미터에서 변할 수 있다. 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따른 일련의 프로펠러는 다양한 파라미터 섹션 피치, 받음각, 각도, 레이크, 표면적, 면적비, 스플라인 형상, 단면 프로파일, 코드 길이, 수직각 롤 및 그 밖의 블레이드 파라미터와 함께 공통의 중간선을 기반으로 할 수 있다.
- [0106] 도 14a 및 도 14b, 도 15a 및 도 15b, 도 16a 및 도 16b, 및 도 17a 및 도 17b는 각각 2 개의 블레이드, 3 개의 블레이드, 4 개의 블레이드 및 7 개의 블레이드를 갖는 프로펠러의 측면도 및 단면도를 도시하고 있다. 단면은 회전축을 따라 프로펠러 전방 위치에서 바라본 것이다. 단면은 일반적으로 블레이드의 선단부(122)에 있다. 각각의 단면도에서 볼 수 있듯이, 블레이드의 각각의 단면 프로파일에 대해, 회전축으로부터 블레이드 단면의 선단 에지까지의 거리(A)는 선단부(122)의 이들 특정 영역에서 회전축으로부터 블레이드 단면의 후단 에지까지의 거리(B)보다 크다. 본 발명의 예시적인 실시 형태에서, A는 모든 선단부(122)에 대해 B보다 크다. 본 발명의 또 다른 예시적인 실시 형태에서, A는 선단부(122)의 50 퍼센트 내지 100 퍼센트에 대해 B보다 크다. 또 다른 실시 형태에서, B보다 큰 A를 갖는 선단부(122)의 백분율은 85 퍼센트 내지 90 퍼센트의 범위에 있다. 일반적으로, A와 B 간의 길이의 차이가 클수록 더 많은 유체가 비-축방향으로 인입될 것이다. 비슷하게, B보다 큰 A를 갖는 블레이드의 백분율이 클수록 더 많은 유체가 비-축방향으로 인입될 것이다.
- [0107] 예시적인 실시 형태가 허브를 갖는 프로펠러로서 도시되거나 기술되었다. 본원에 기술된 블레이드는 도 13a 내지 도 13g에 도시된 바와 같은 허브 없는 프로펠러 장치에도 사용될 수 있다. 도 13a는 "허브 없는" 프로펠러(800)의 사시도이다. 이 실시 형태에서, 각각 림(902)에서 연장되는 흡입 루트(132) 및 배출 루트(134)를 갖고, 선단부(122)는 프로펠러의 중앙을 향하는 7 개의 블레이드(804)가 있다. 도 13b 내지 도 13g는 각각 상면, 저면, "전면", "후면", "좌측" 및 "우측"으로부터의 도면을 도시하고 있다. "좌측", "우측", "전면" 및 "후면"이라는 용어는 프로펠러 주변을 90도 간격으로 관점을 구분하기 위해 설명의 목적으로만 사용되지만, 원형 장치에서는 문자적 의미가 없다. 블레이드는 허브가 있는 프로펠러와 동일하거나 유사한 특성을 지니며, 림으로 인해 공기 흐름이 일부 변한다.
- [0108] 본원에 기술된 임의의 실시 형태에 따른 프로펠러를 생성하기 위한 방법이 또한 개시된다. 예시적인 실시 형태에서, 프로펠러 블레이드를 형성하는 다수의 파라미터 섹션의 방향 및 형상을 정의하기 위해 다수의 독립적으로 변경 가능한 방향 및 형상 변수가 제공된다. 형상 및 방향 변수는 본원에 개시된 것들의 임의의 조합일 수 있다. 파라미터 섹션은 평면 또는 원통형일 수 있다. 예시적인 실시 형태에서, 변수들은 본원에 기술된 바와 같이 원하는 대로 상승을 안내하고 전환하도록 수정된다. 이후 부드러운 라인을 형성하는 파라미터 섹션을 추정하여(extrapolating) 블레이드를 형성하기 위해 구성된 파라미터 섹션을 사용한다. 방법은 본원에 기술된 임의의 블레이드를 형성하는데 사용될 수 있다.
- [0109] 본 발명은 개시된 프로펠러가 내장된 여러 가지 다른 장치를 포함한다. 예를 들어, 본 발명은 다음의 예시적인 장치를 포함한다: 추진장치(propulsor), 슈라우드형 프로펠러(shrouded propeller), 매입형 프로펠러(encased propeller), 임펠러(impeller), 항공기, 선박, 풍력 터빈을 포함하는 터빈, 냉각 장치, 가열 장치, 자동차 엔진, 무인 항공기, 터보팬(하이드로제트(hydrojet)), 공기 순환 장치, 압축기, 펌프 세트, 원심 팬, 제트 엔진 등. 본 발명은 또한 본원에 기술된, 도시된 또는 청구된 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 따른 상기한 장치 중 임의의 장치를 포함하는 프로펠러를 제조하고 설계하는 방법; 상기한 프로펠러 중 임의의 프로펠러를 포함하는 장치를 제조하는 방법; 상기 프로펠러 중 임의의 프로펠러를 포함하는 장치를 설치하는 단계를 포함하는 제품을 제조하는 방법을 포함한다.

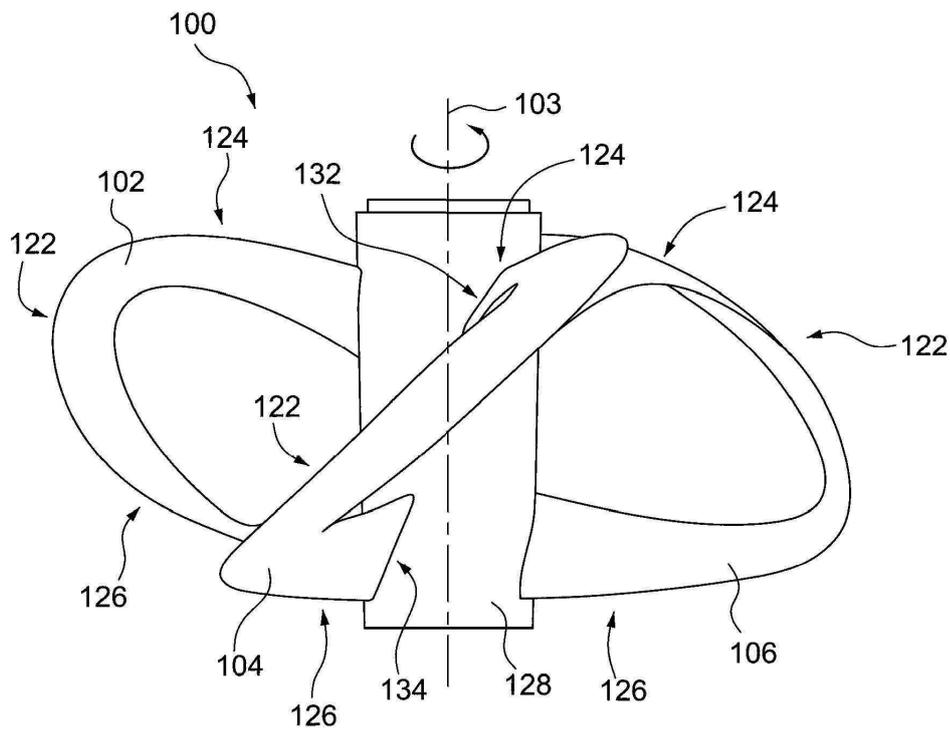
- [0110] 중간선을 따른 롤 대 거리의 비율은 특정 프로펠러가 적용에 적합한지 여부의 인자일 수 있다. 예를 들어, 주어진 거리당 더 큰 롤은 더욱 스퀴트한(squat) 블레이드 프로파일을 생성하고 따라서 냉각 장치 또는 환기 장치용 팬으로서의 응용에 더 적합할 수 있다.
- [0111] 예시적인 실시형태에서, 본원에 기술된 프로펠러는 예를 들어 도 10a 및 도 10b에 도시된 바와 같이 터보팬에 통합된다. 터보팬은 예를 들어, 8 개 내지 12 개의 블레이드를 가질 수 있다. 도 10a 및 도 10b에 도시된 블레이드는 반드시 본원에 기술된 유형일 필요는 없다. 도면은 단지 장치의 유형을 나타내기 위해 제공된다.
- [0112] 본 발명의 또 다른 예시적인 실시형태에서, 본원에 기술된 프로펠러는 예를 들어 도 1에 도시된 것과 같은 무인 항공기 또는 장치에 통합된다. 도 11에 도시된 블레이드는 반드시 본원에 기술된 유형일 필요는 없다. 도면은 단지 장치의 유형을 나타내기 위해 제공된다.
- [0113] 예시적인 프로펠러의 다양한 실시형태와 도면이 도 18a 내지 도 18f, 도 19a 내지 도 19f, 도 20a 내지 도 20i 및 도 21a 내지 도 21f에 제공되어 있다. 상면, 저면, "전면", "후면", "좌측" 및 "우측"으로부터의 도면 및 사시도가 제공되고 도면에 표시된다. "좌측", "우측", "전면" 및 "후면"이라는 용어는 프로펠러 주변을 90도 간격으로 관점을 구분하기 위해 설명의 목적으로만 사용되지만, 원형 장치에서는 이들 용어는 의미가 없다. 또한, 도 18a 내지 도 18f는 블레이드의 흡입부에 대해 큰 레이크 값을 갖는 프로펠러의 예시적인 실시형태를 도시하고 있다. 또한, 도 19a 내지 도 19f는 흡입 및 배출에 대해 큰 레이크 값을 갖는 프로펠러의 또 다른 예시적인 실시형태를 도시하고 있다. 또한, 도 20a 내지 도 20i는 선내 프로펠러를 도시하고 있다. 또한, 도 21a 내지 도 21f는 선외 모터(outboard motor)용 관통 허브 배출구를 구비한 프로펠러를 도시하고 있다.
- [0114] 본 발명의 다양한 실시형태들이 기술되었지만, 각각은 요소들의 상이한 조합을 갖는다. 본 발명은 개시된 특정 실시형태에 한정되지 않으며, 개시된 요소의 다양한 조합 또는 일부 요소의 생략 및 이러한 구조의 균등물을 포함할 수 있다.
- [0115] 예시적인 실시형태에 의해 본 발명이 기술되었지만, 추가적인 장점 및 수정을 본 기술 분야의 숙련자는 구상할 것이다. 따라서, 더욱 넓은 양태의 본 발명은 본원에 도시되고 기술된 특정 세부 사항에 한정되지 않는다. 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 예를 들어 블레이드의 개수 및 블레이드의 곡률이 변경될 수 있다. 따라서, 본 발명은 특정 예시적인 실시형태에 한정되지 않으며, 첨부된 청구 범위 및 이들 균등물의 전체 범위 내에서 해석되어야 한다.

도면

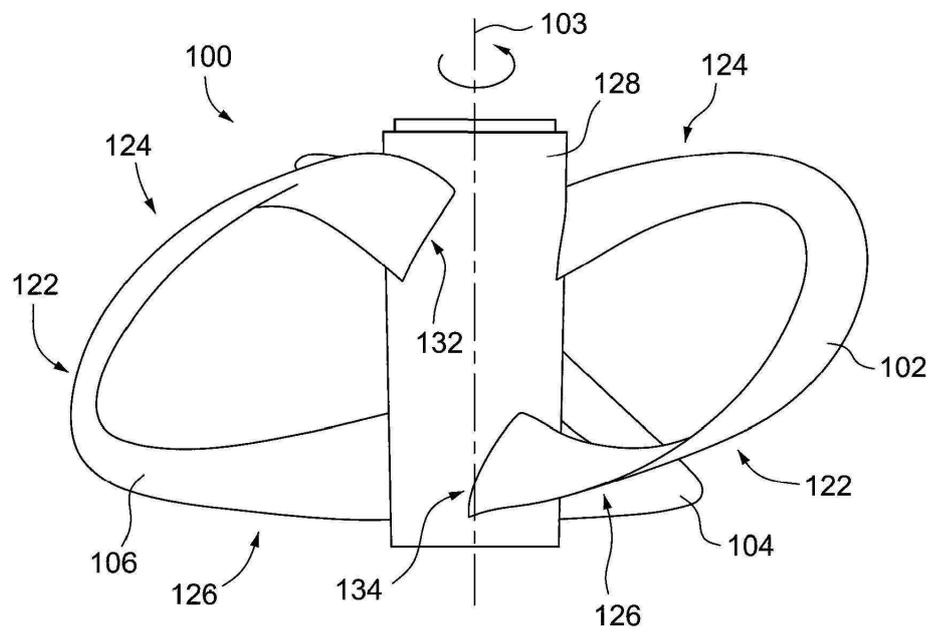
도면1a



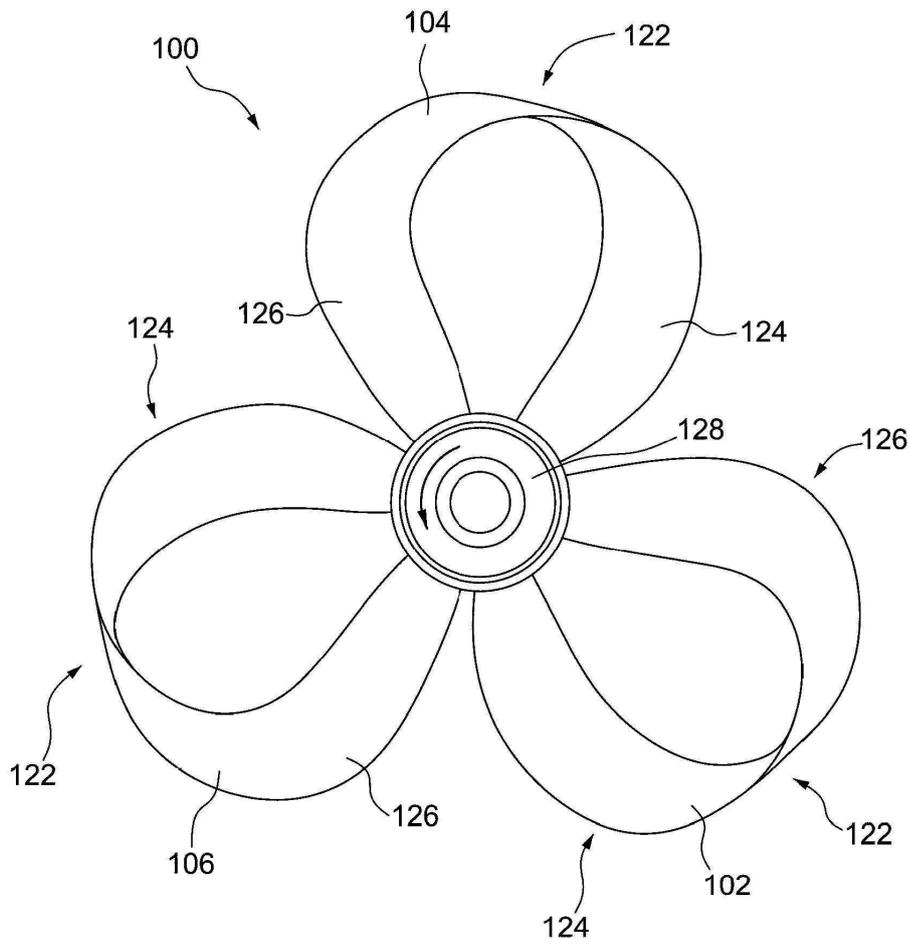
도면1b



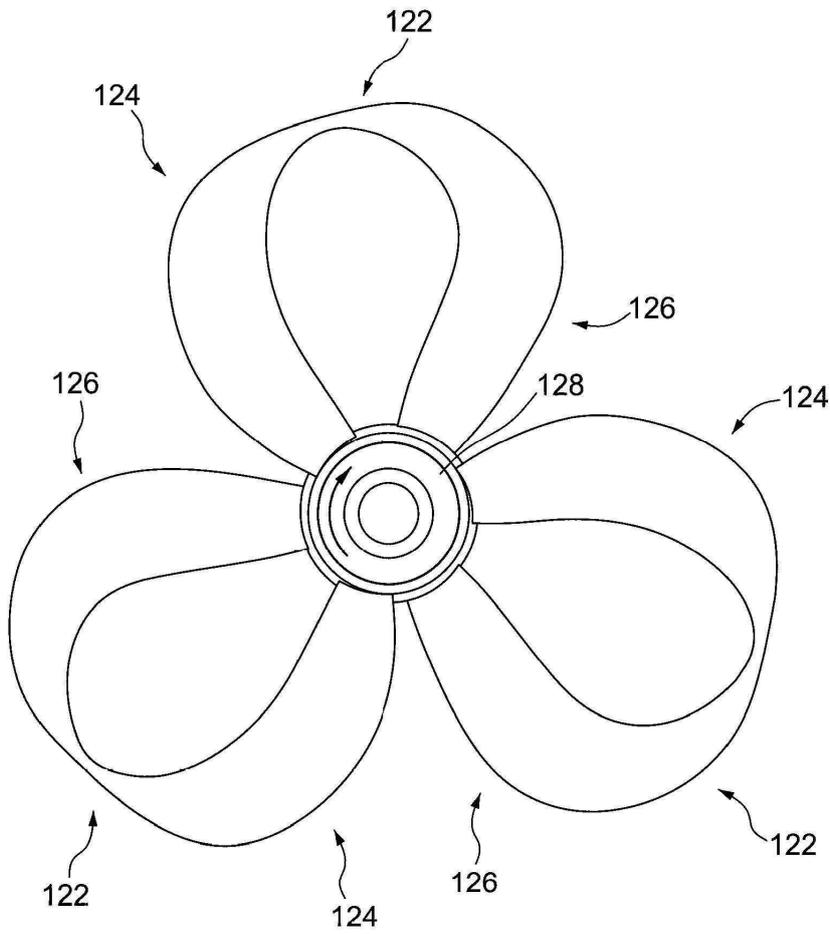
도면1c



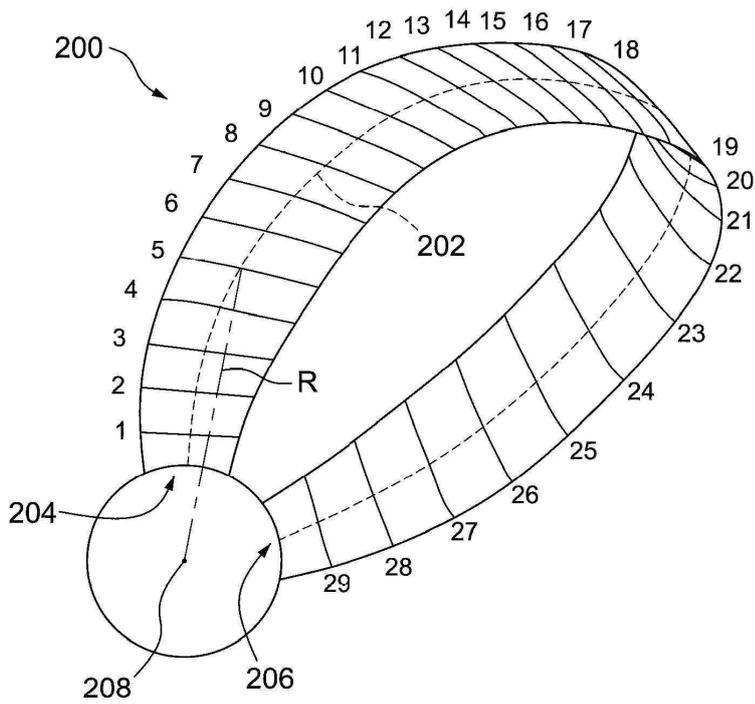
도면1d



도면1e

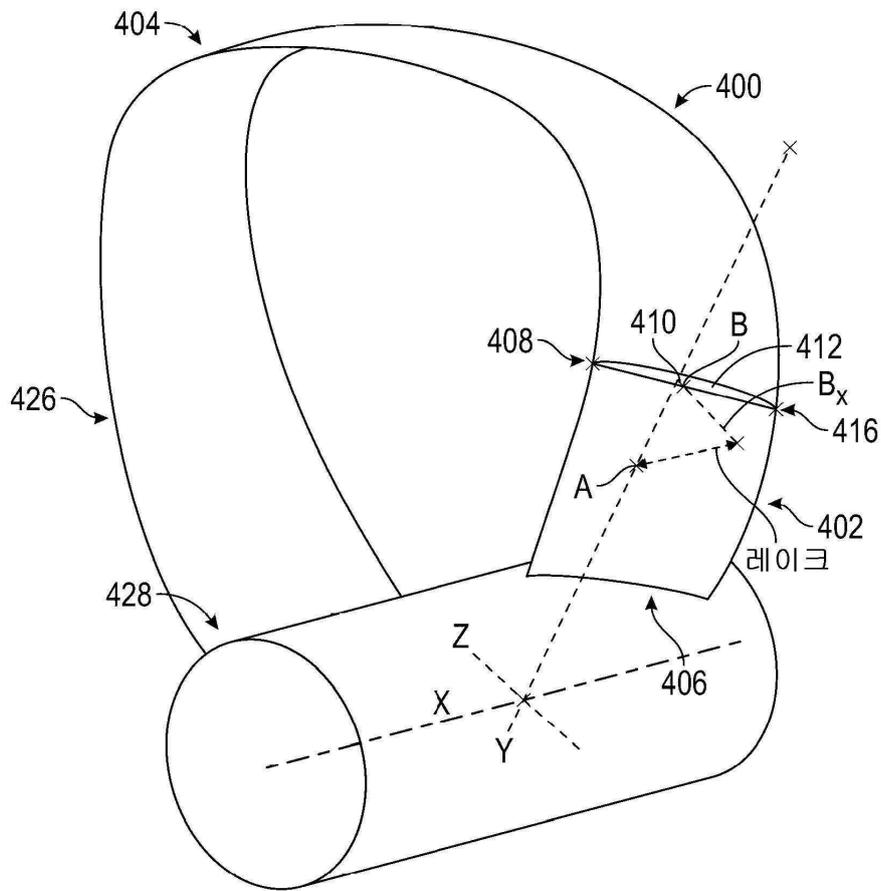


도면2

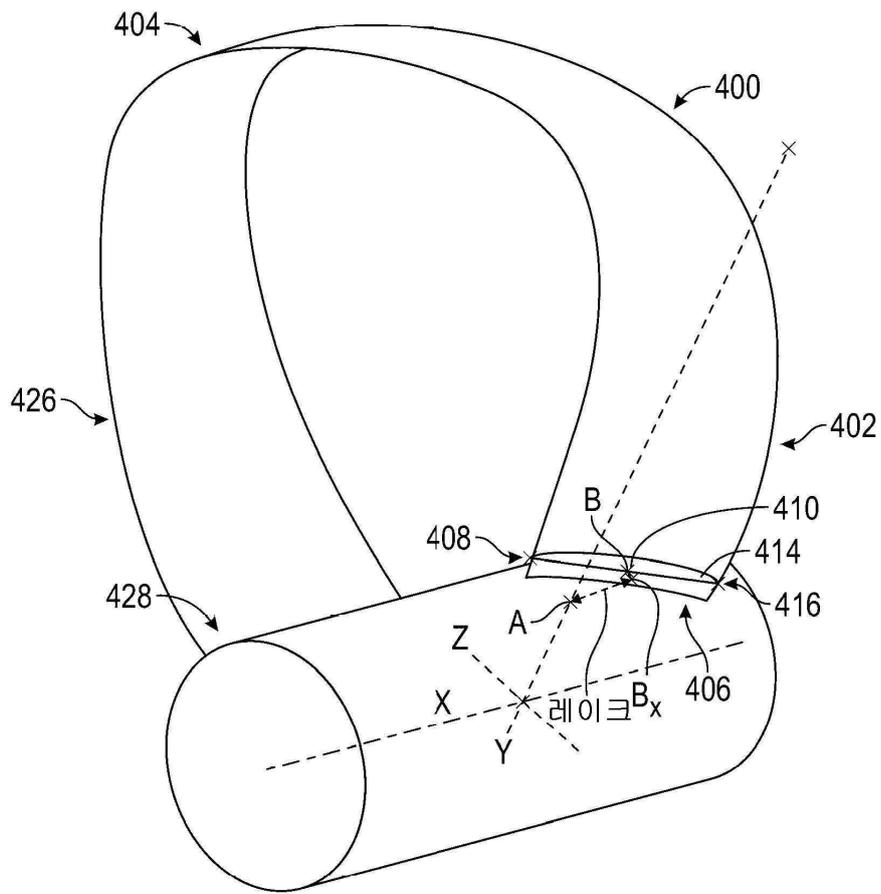




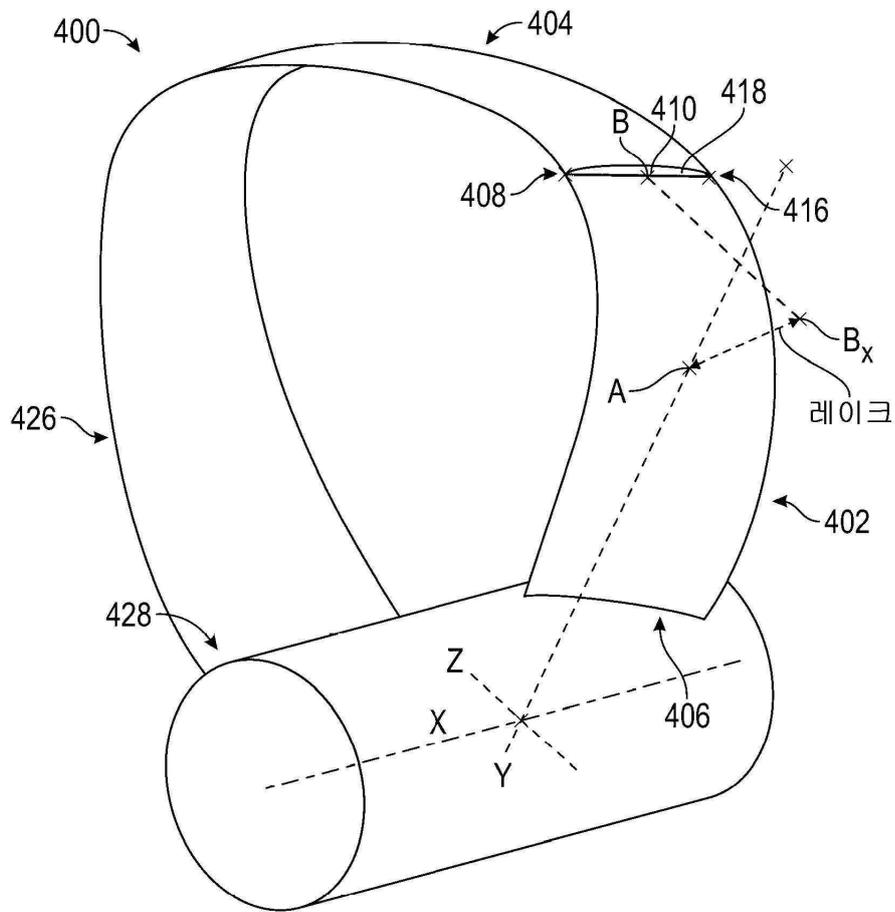
도면4a



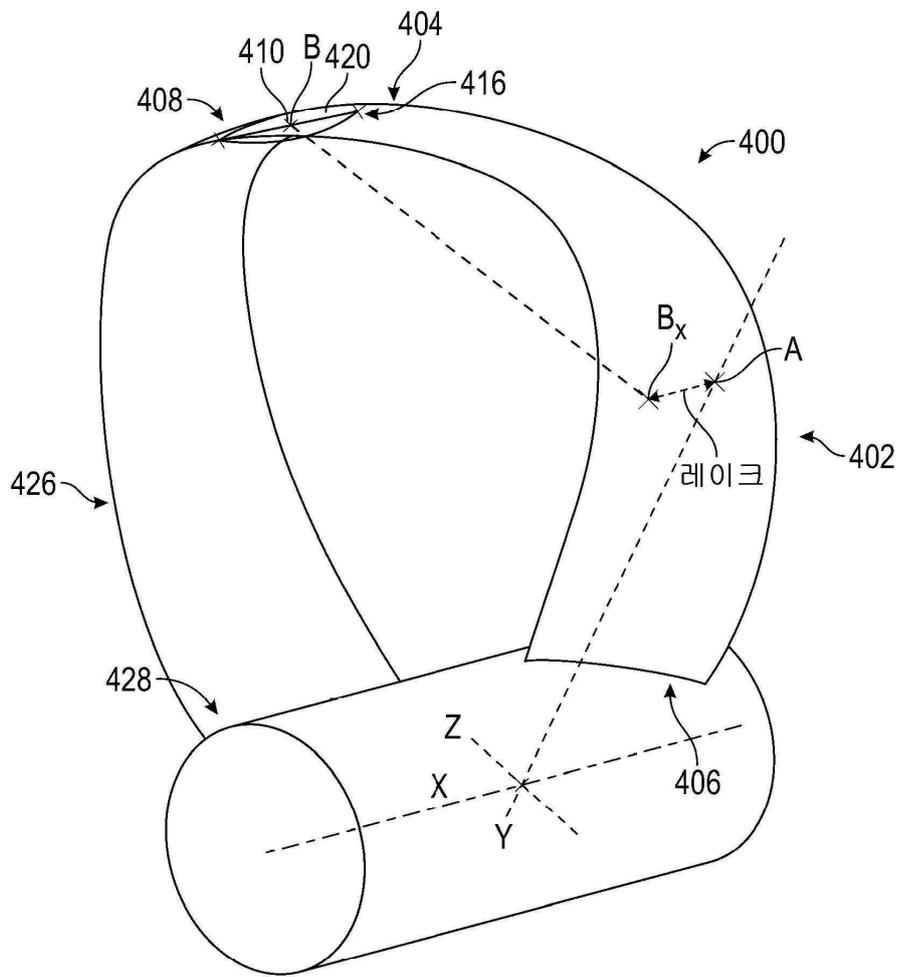
도면4b



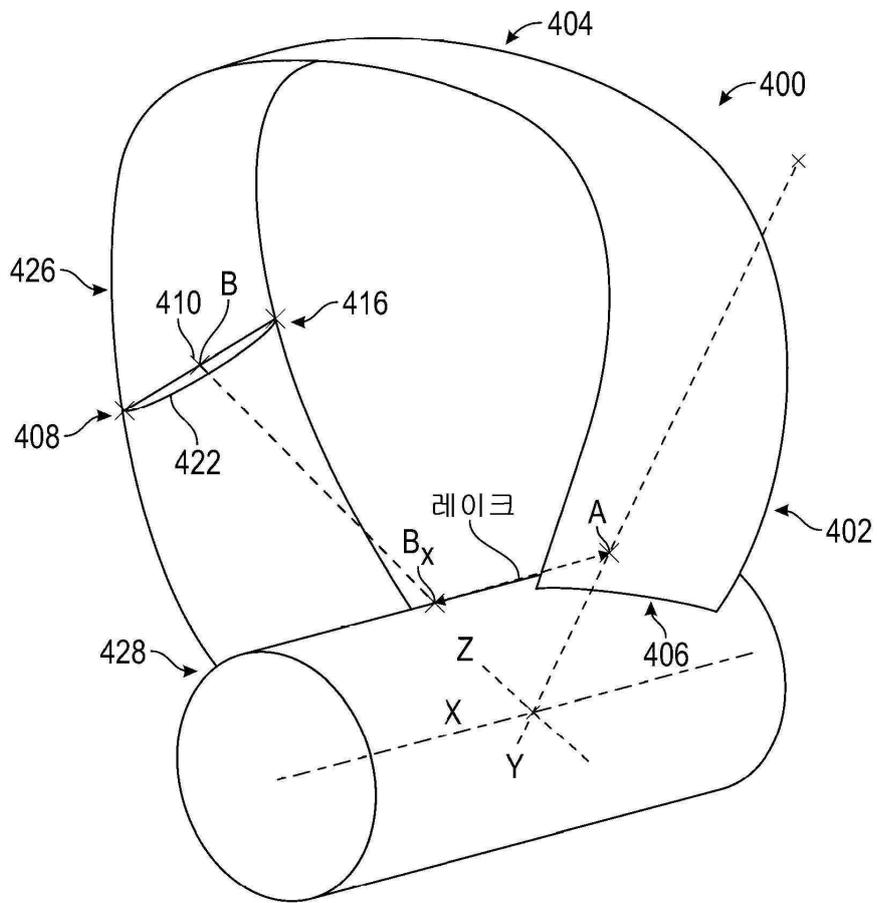
도면4c



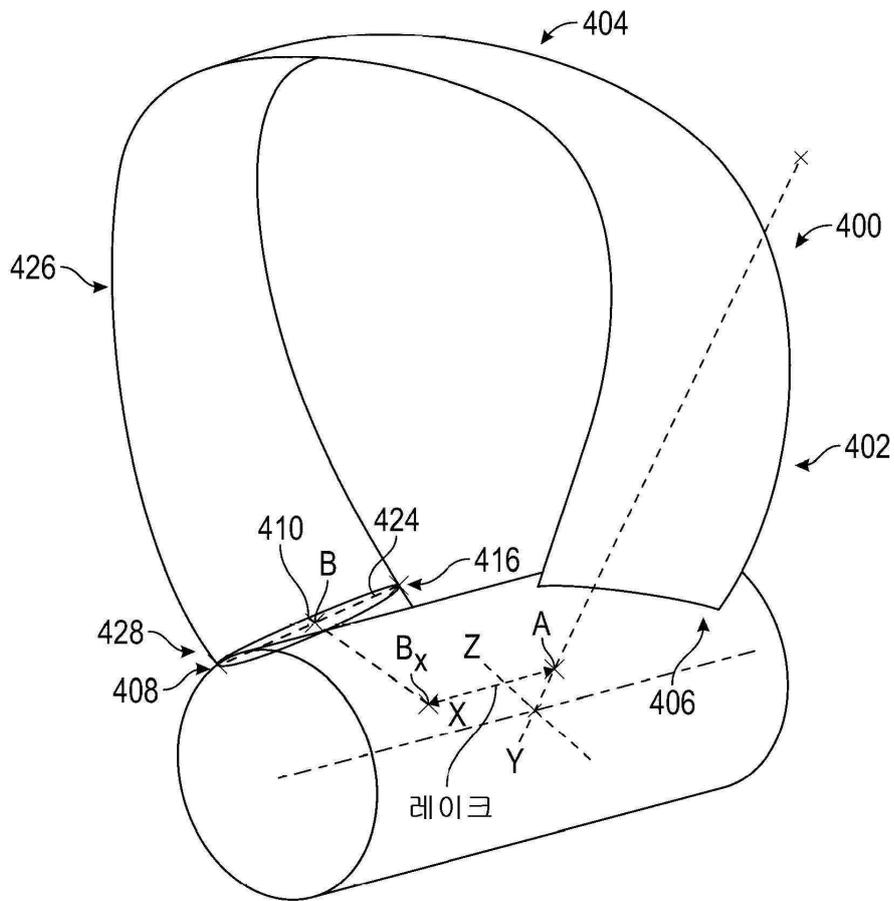
도면4d



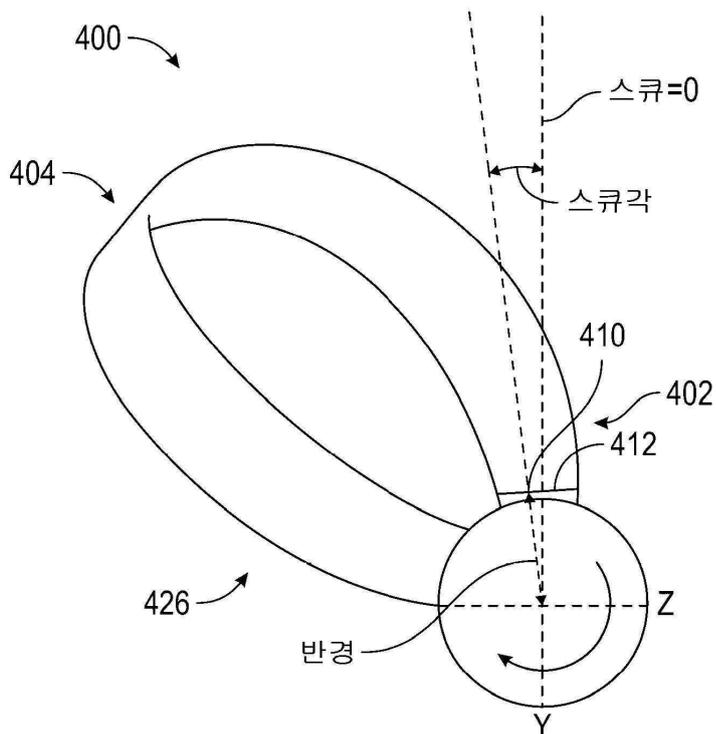
도면4e



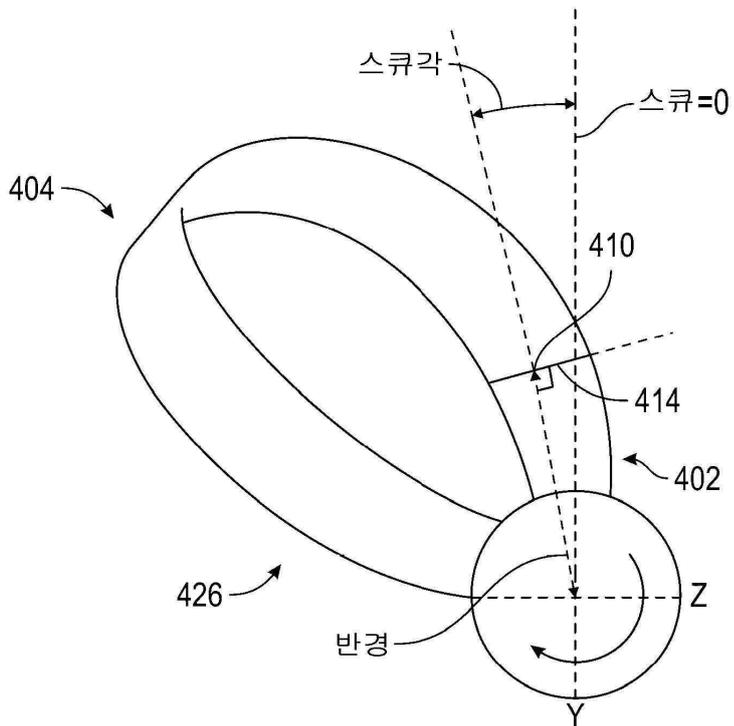
도면4f



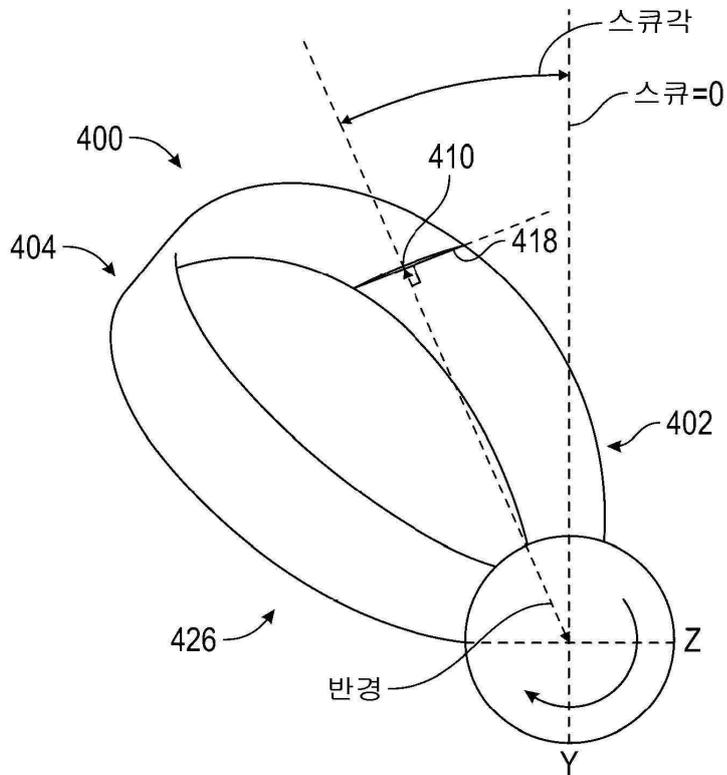
도면5a



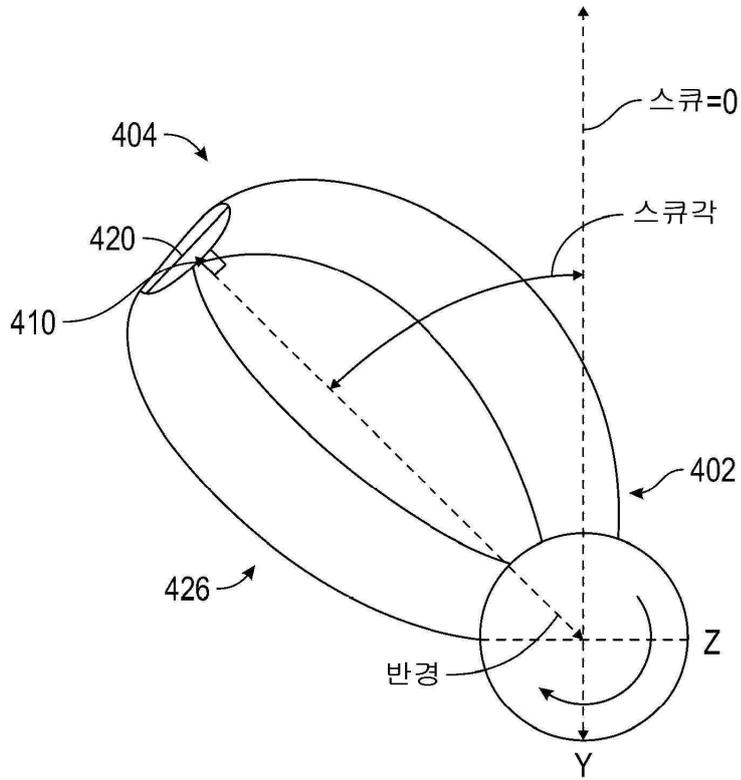
도면5b



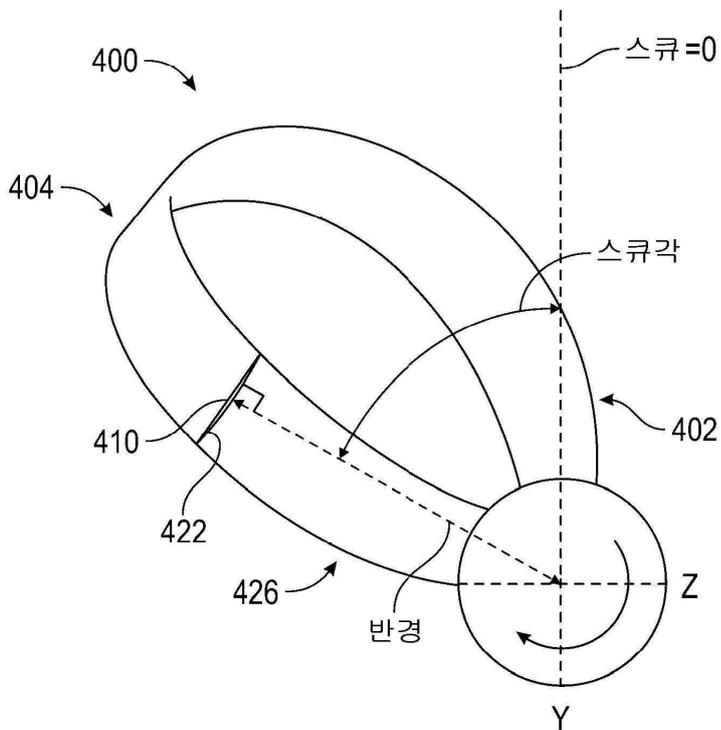
도면5c



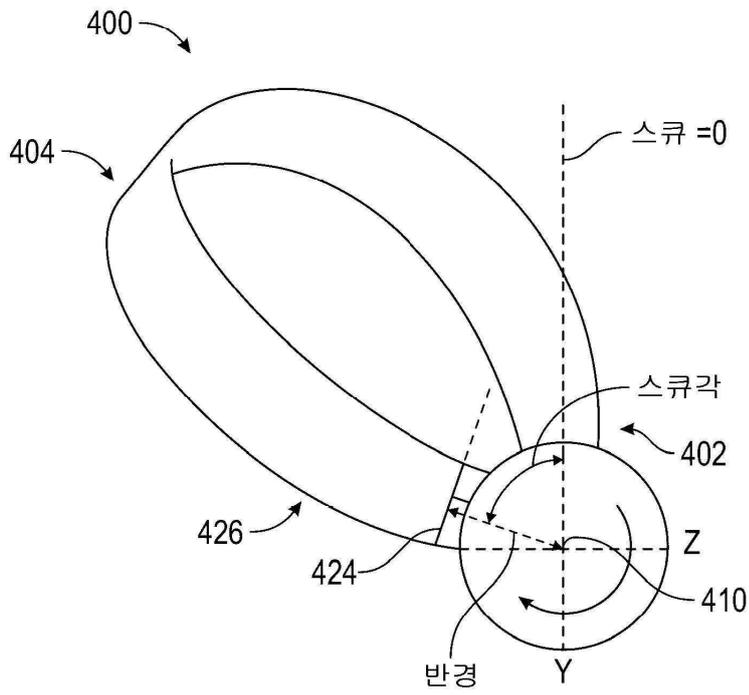
도면5d



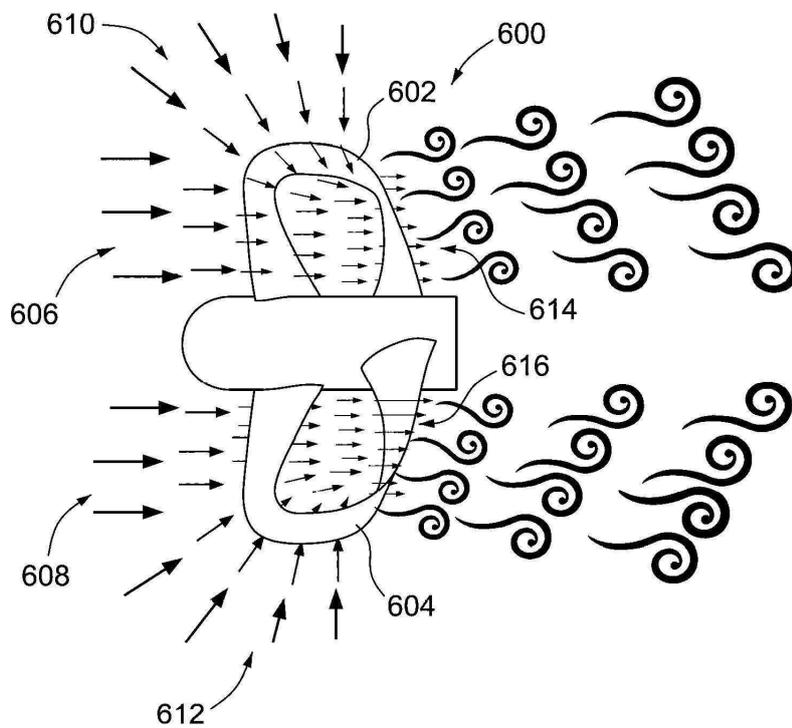
도면5e



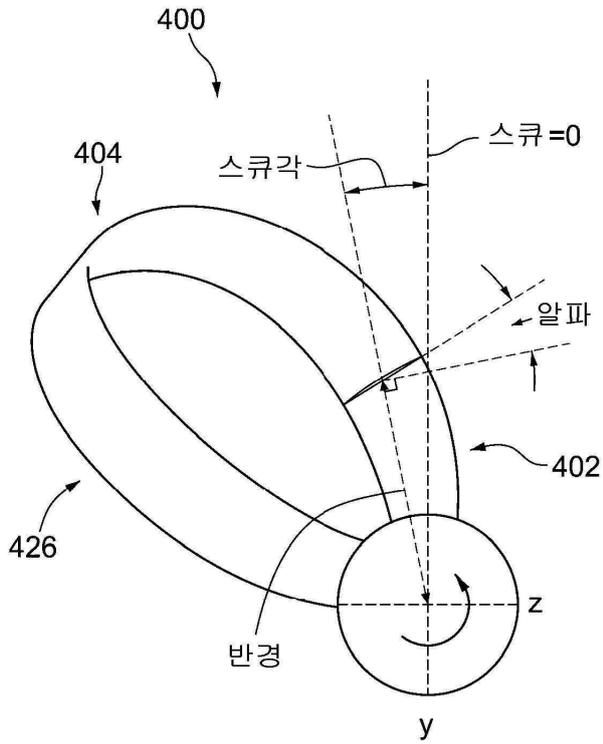
도면5f



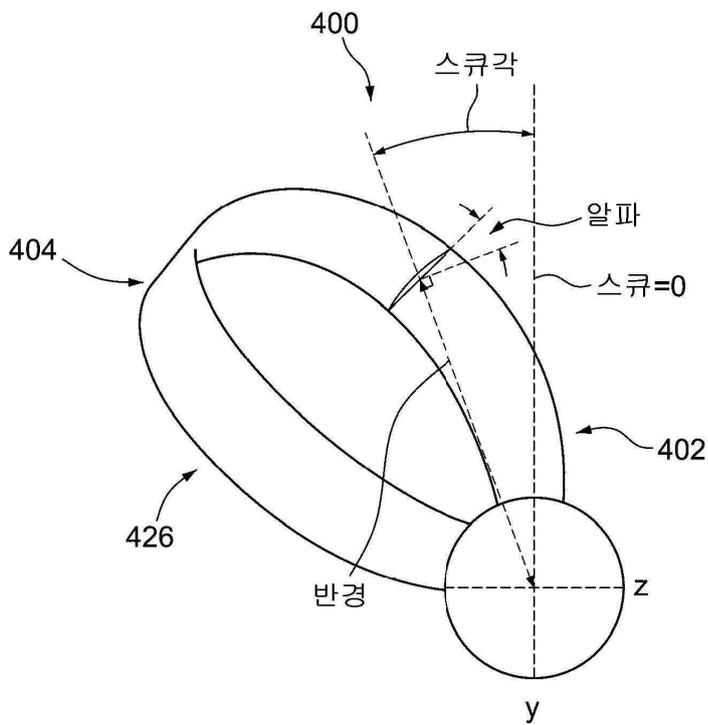
도면6



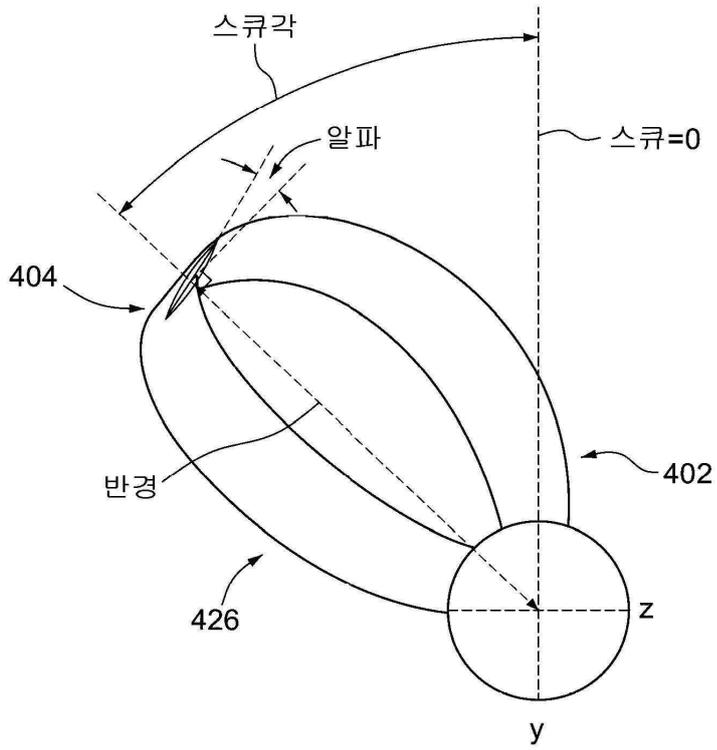
도면7a



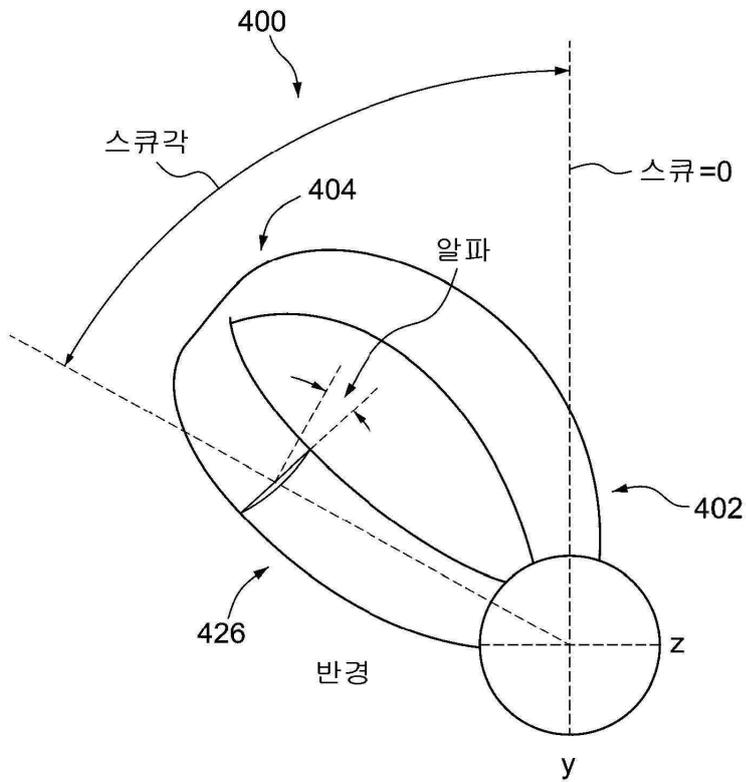
도면7b



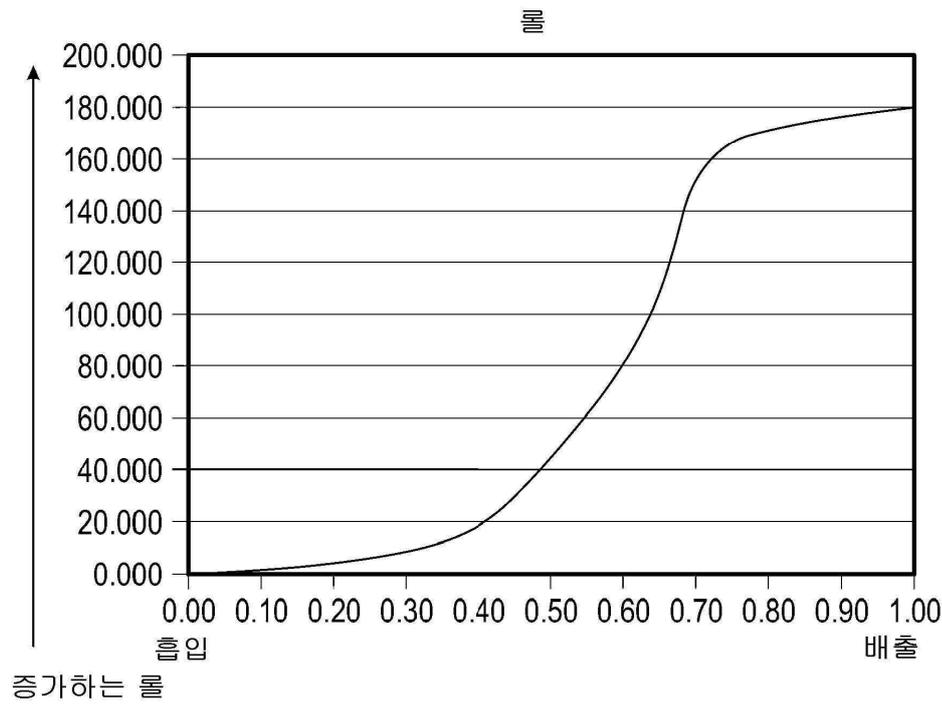
도면7c



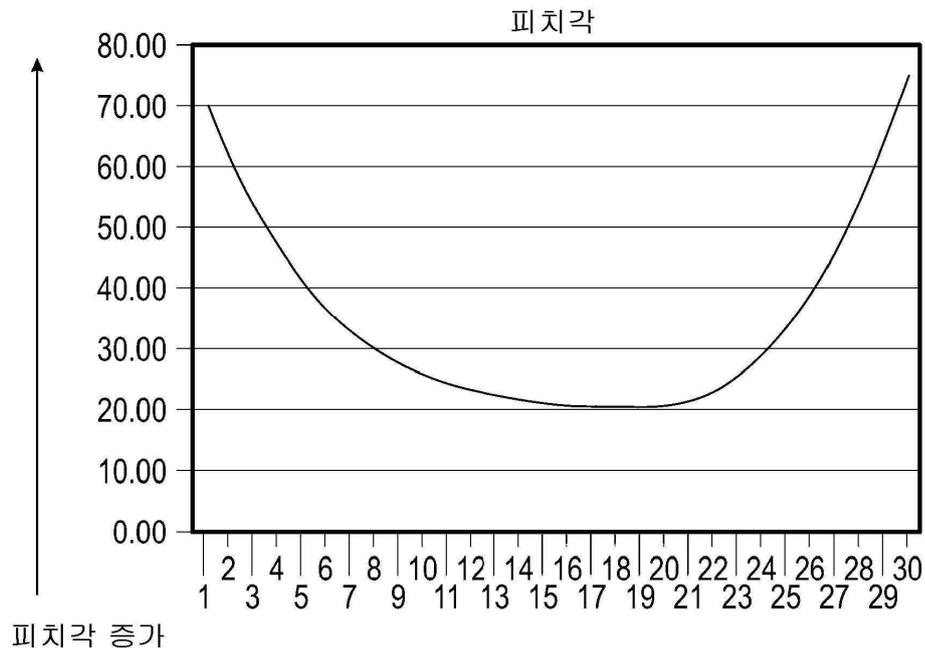
도면7d



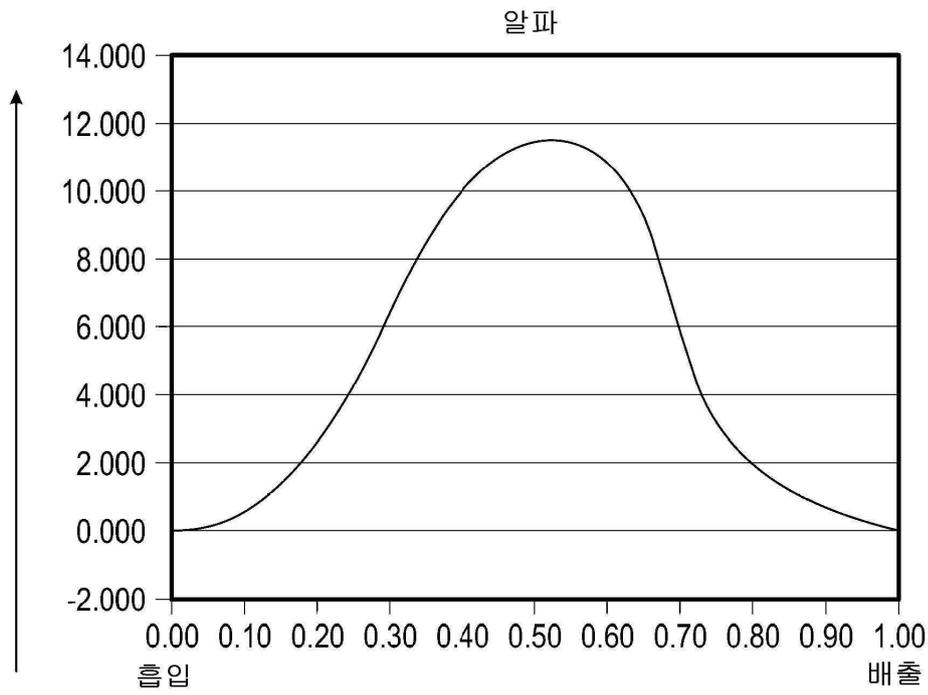
도면8a



도면8b

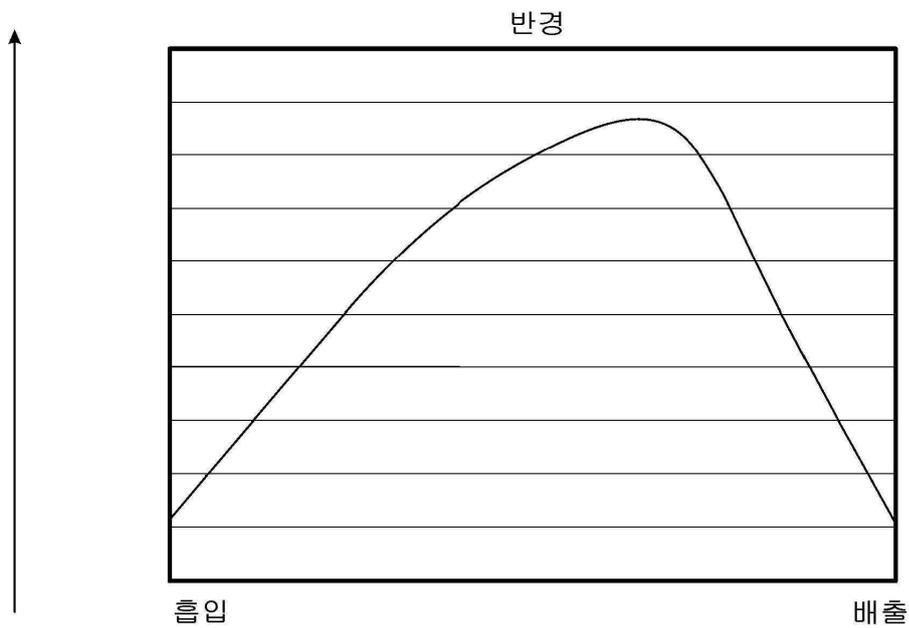


도면8c



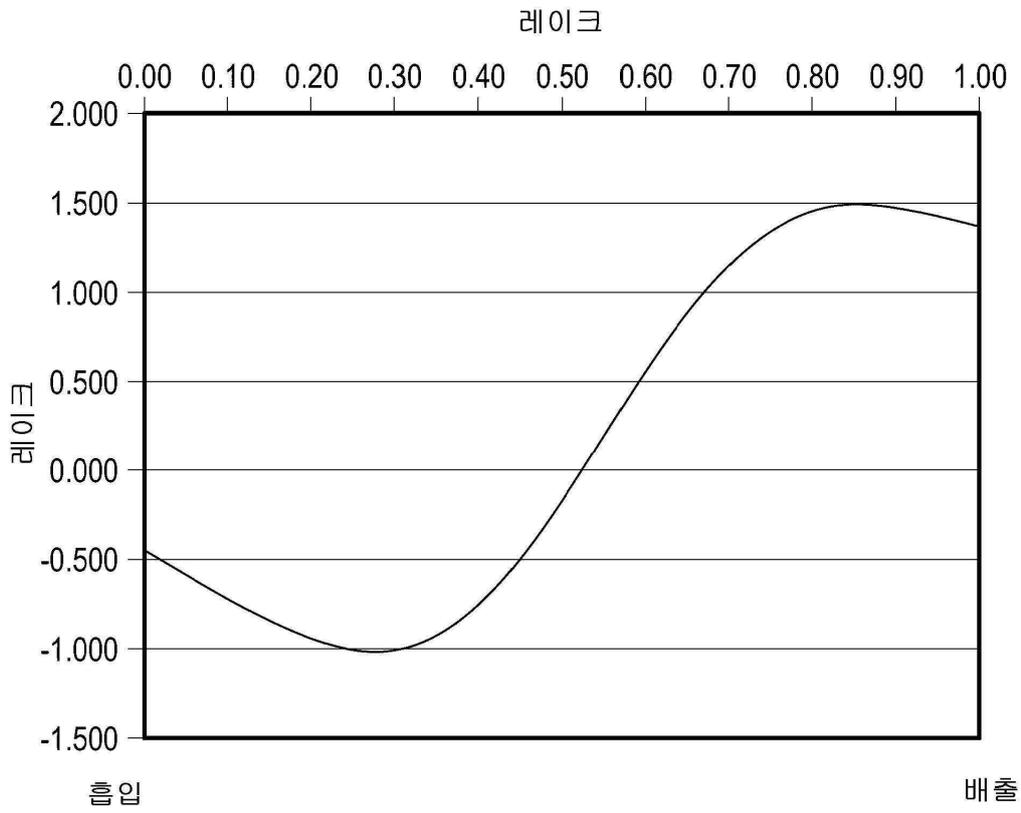
증가하는 알파

도면8d

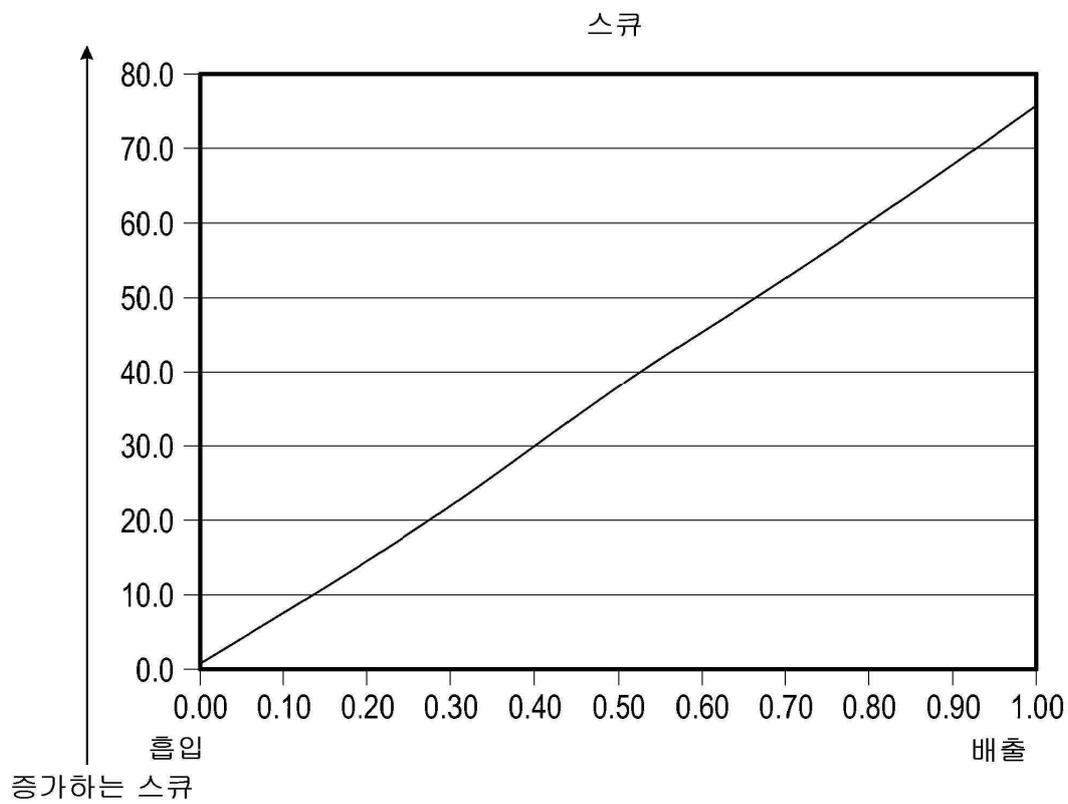


증가하는 반경

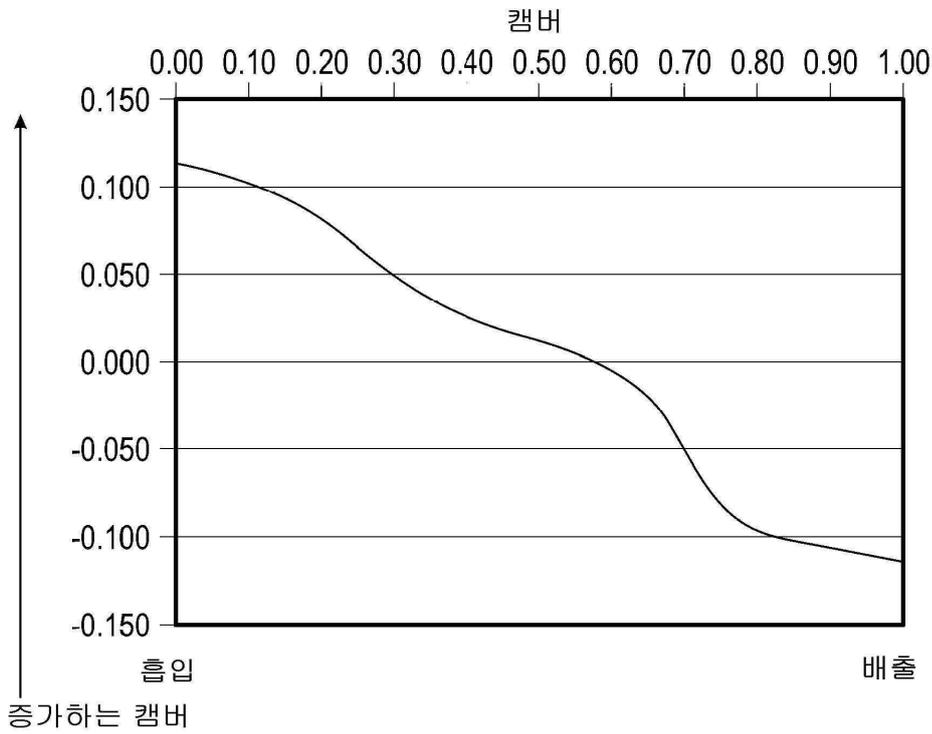
도면8e



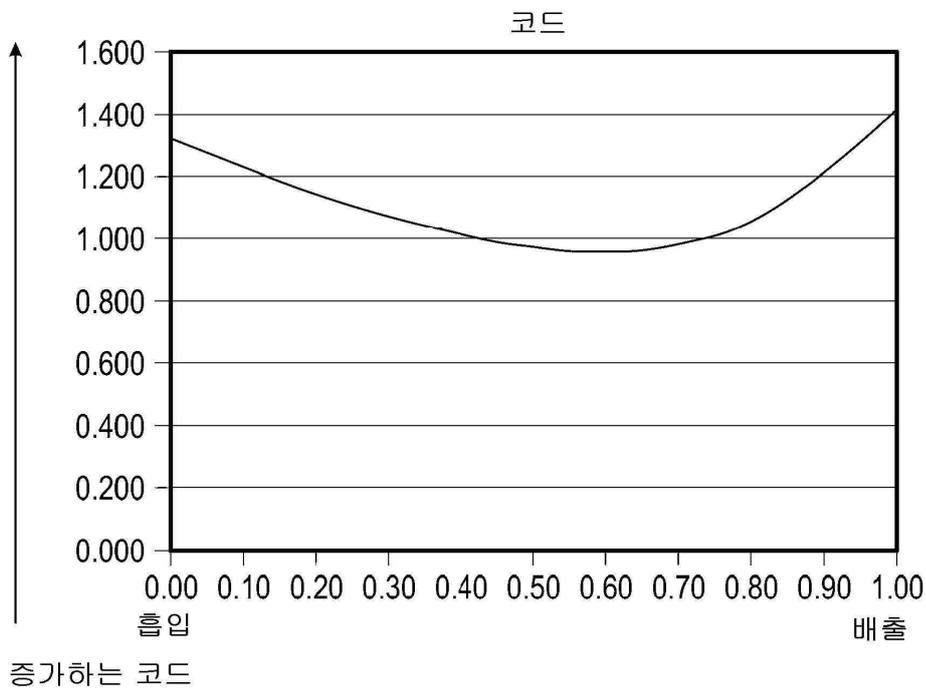
도면8f



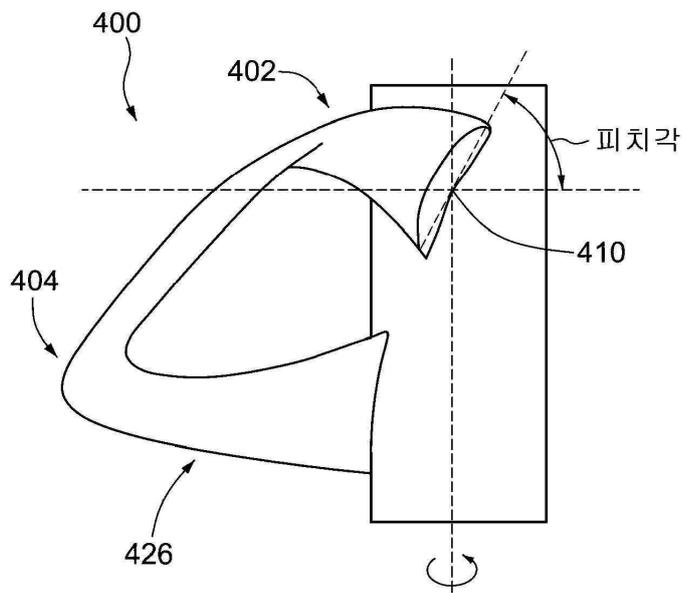
도면8g



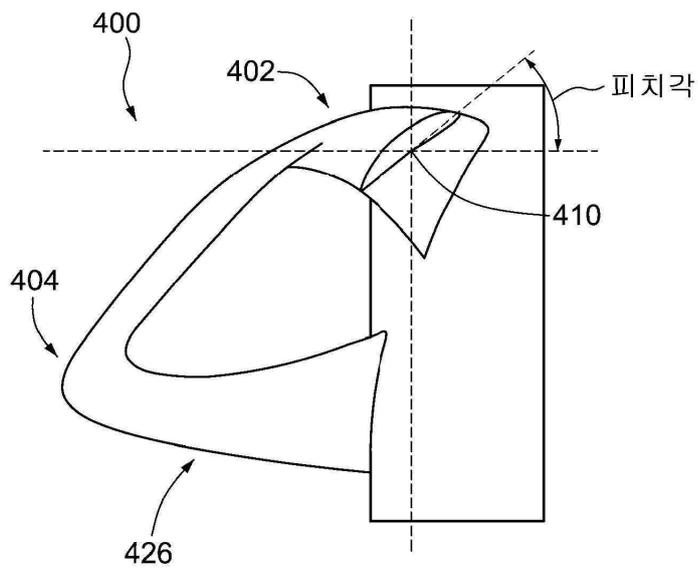
도면8h



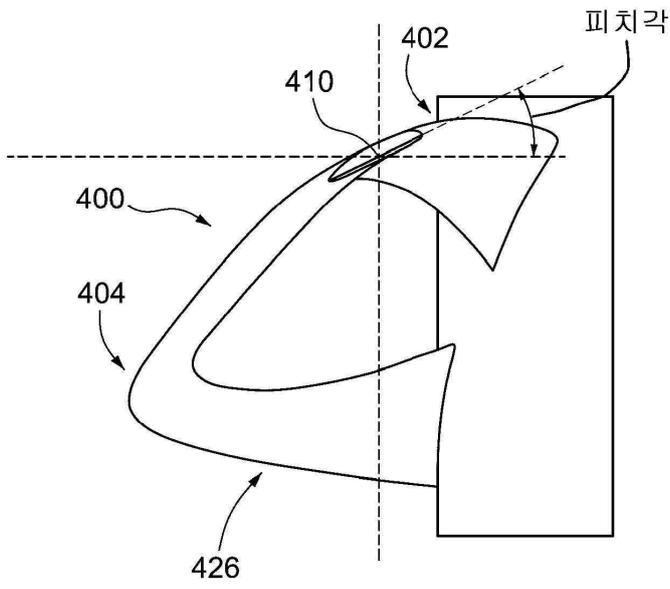
도면9a



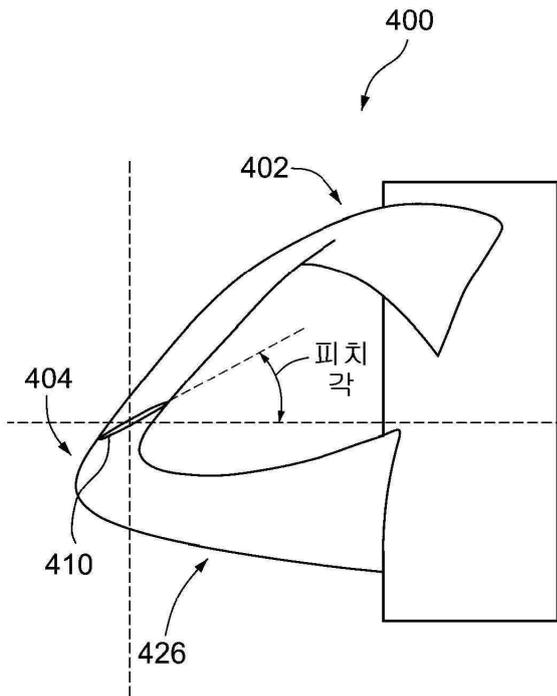
도면9b



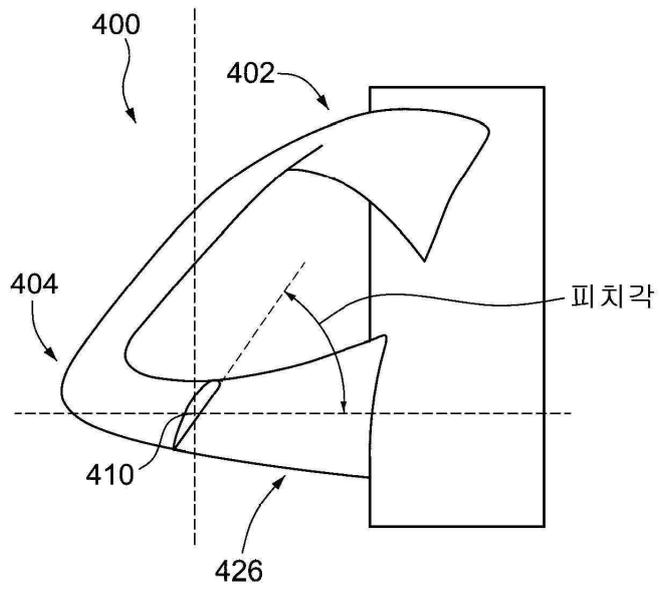
도면9c



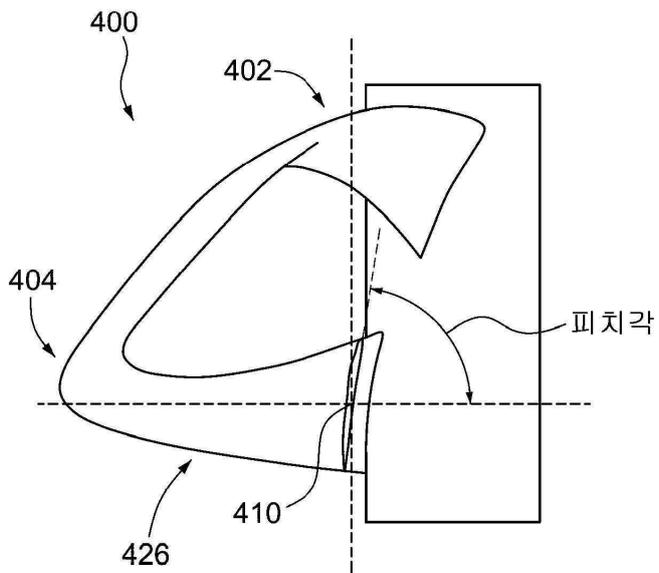
도면9d



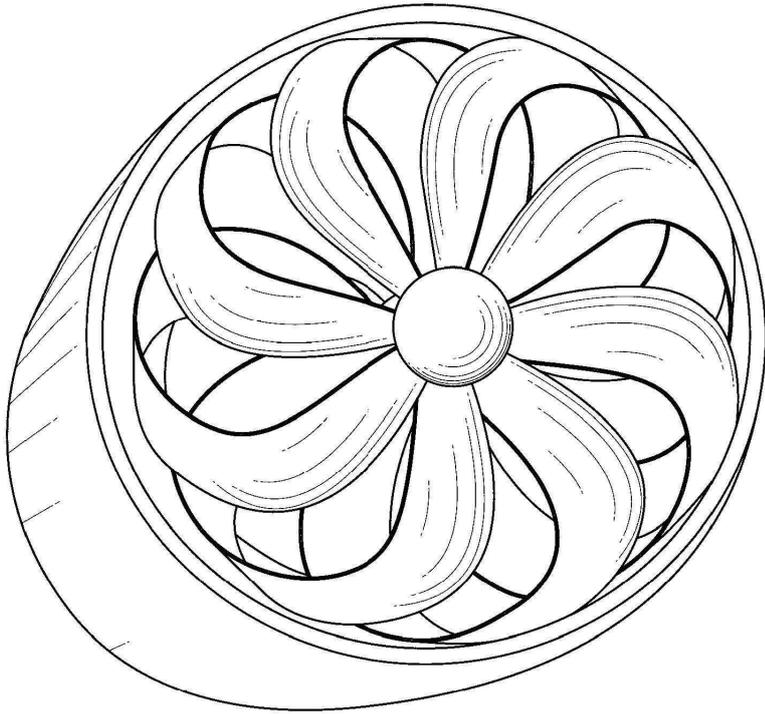
도면9e



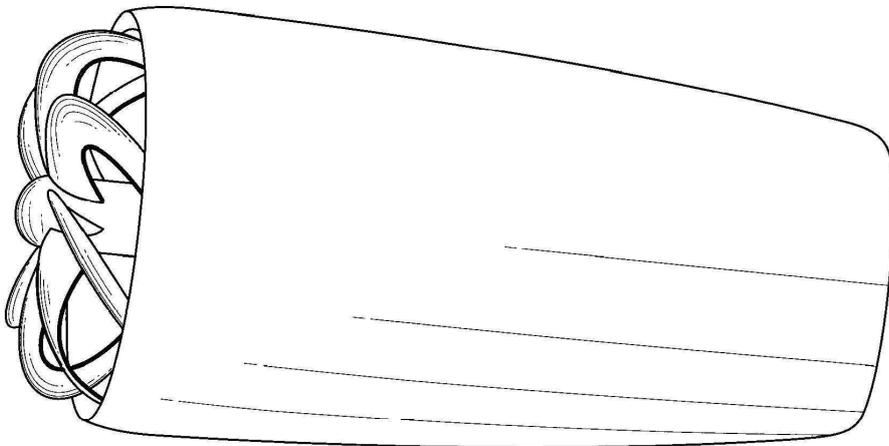
도면9f



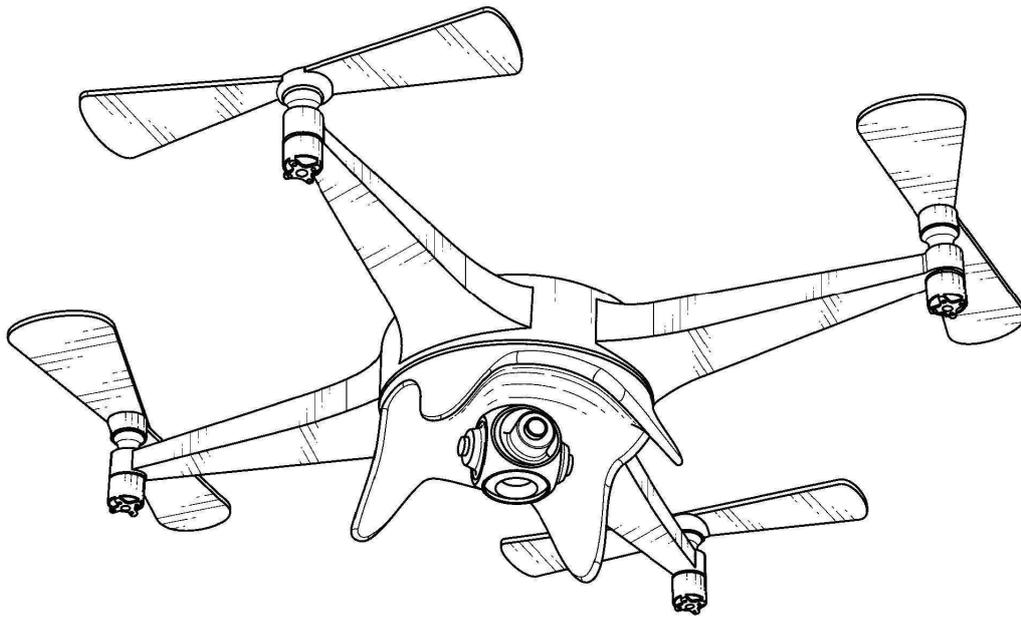
도면10a



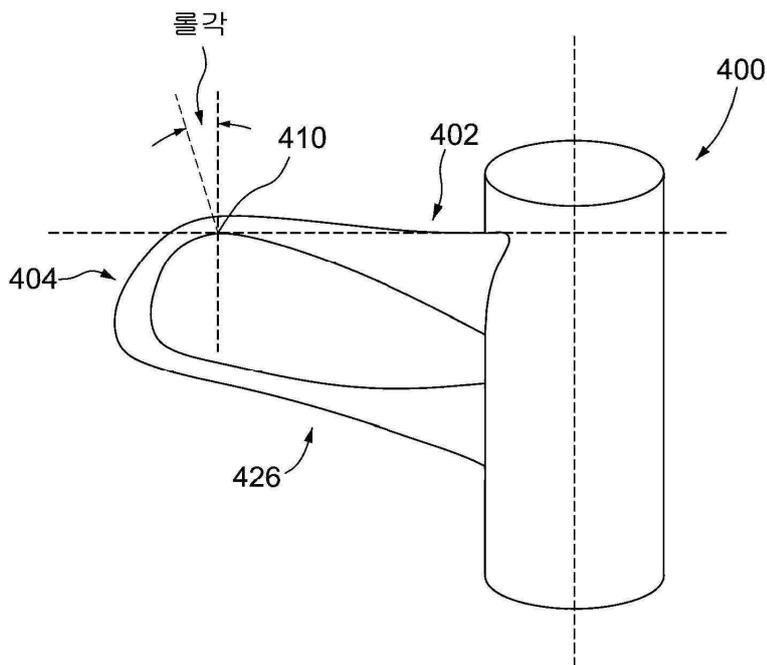
도면10b



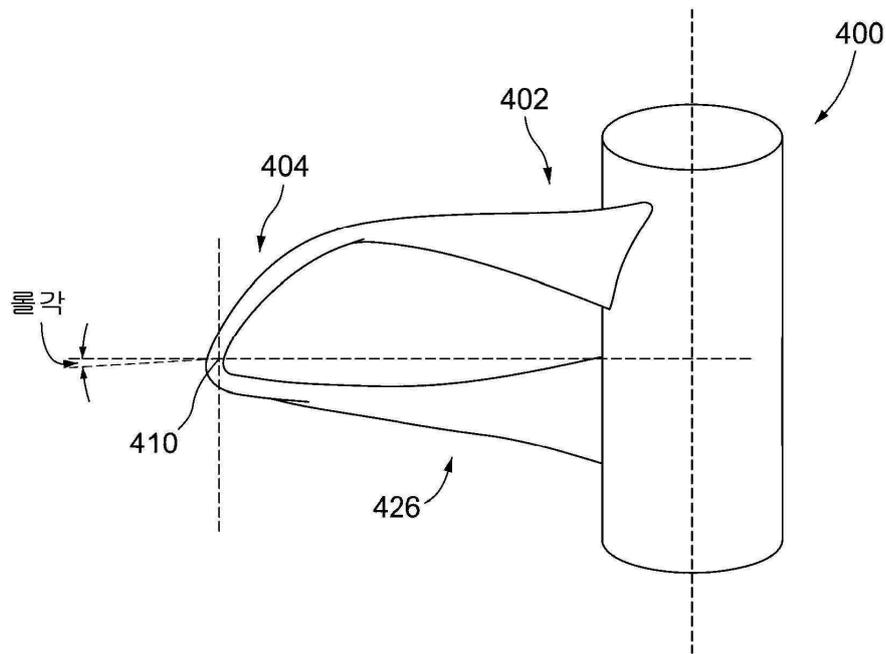
도면11



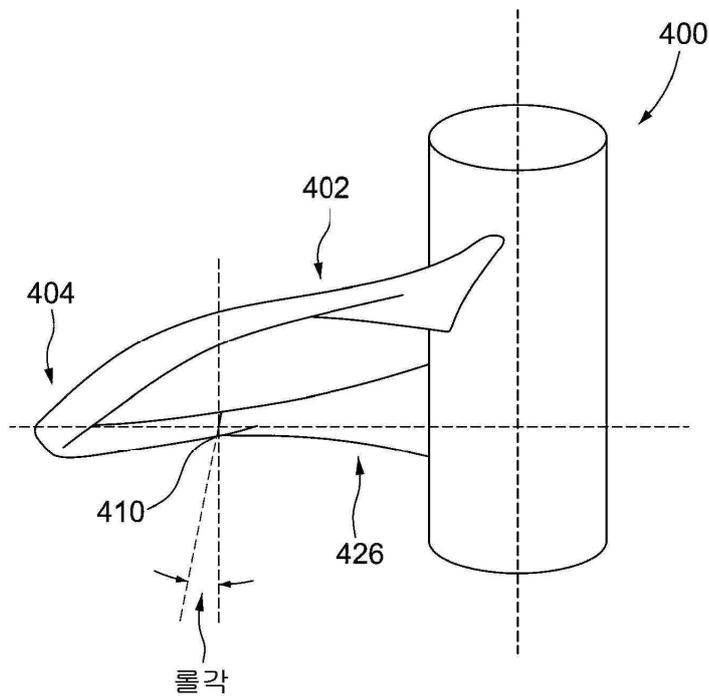
도면12a



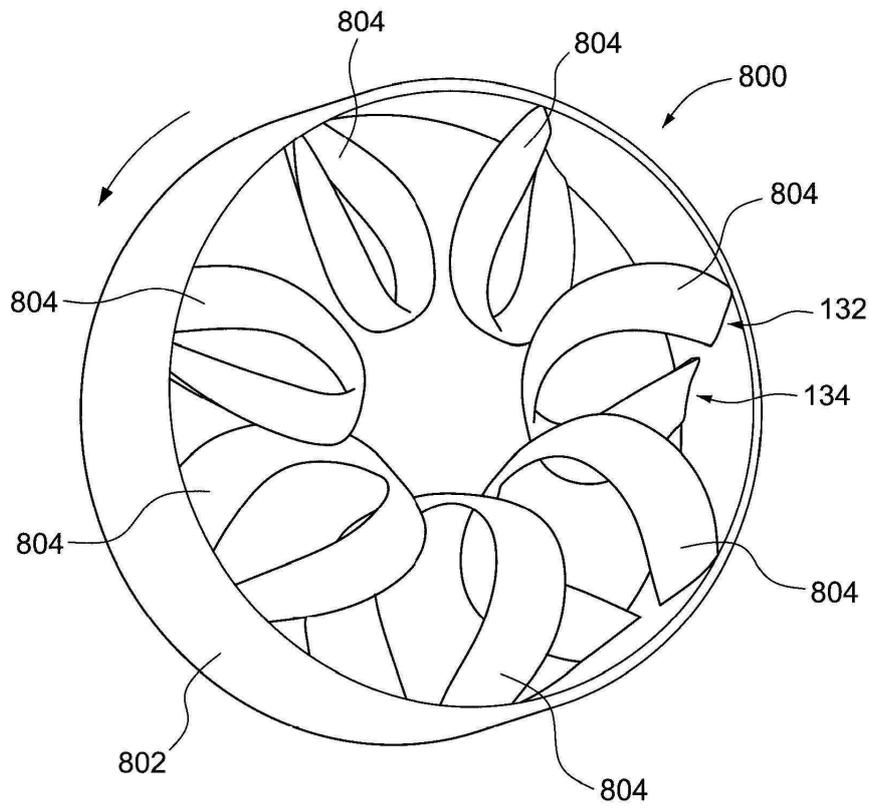
도면12b



도면12c

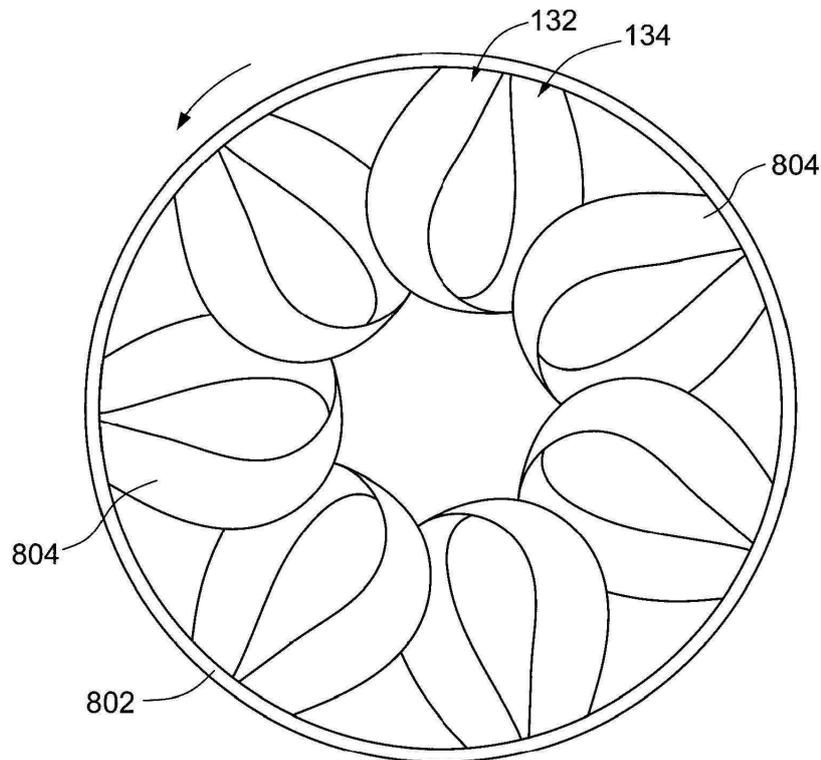


도면13a



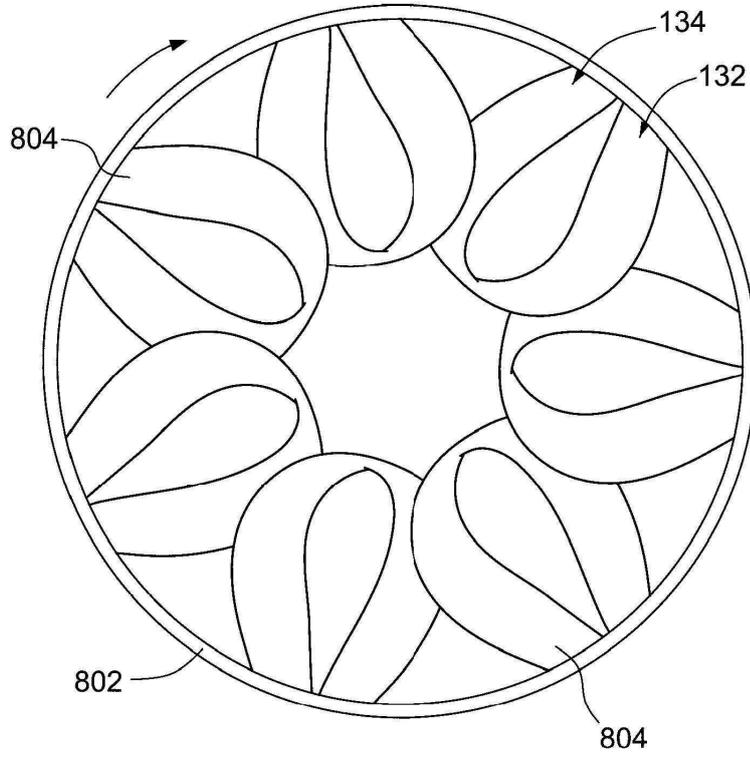
도면13b

상면



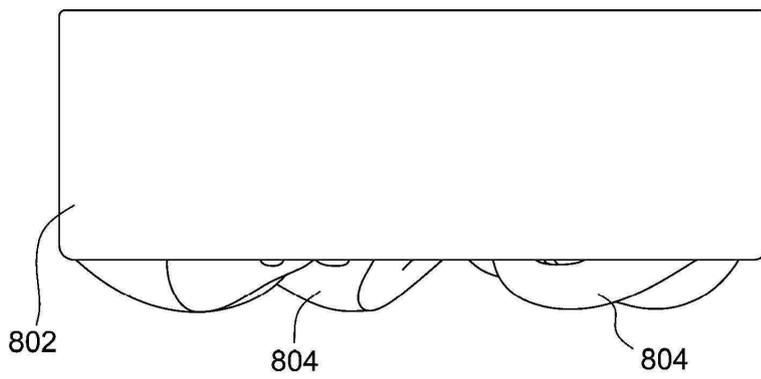
도면13c

저면



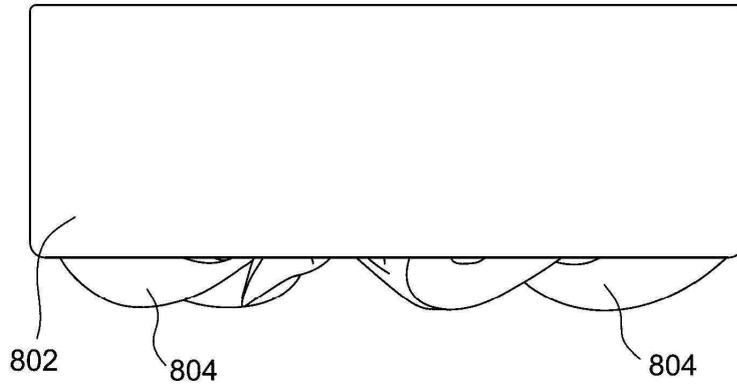
도면13d

전면



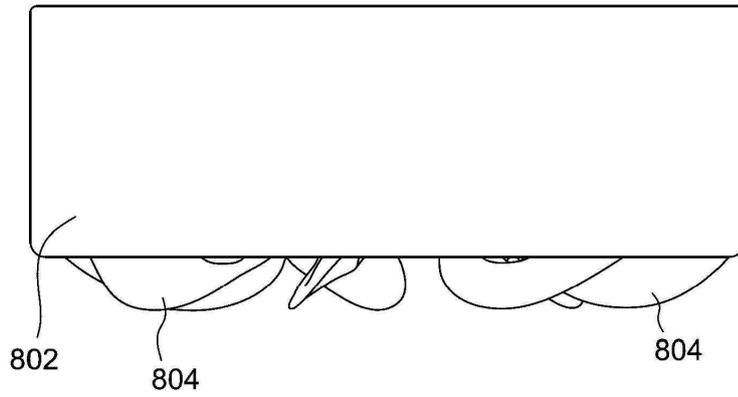
도면13e

후면



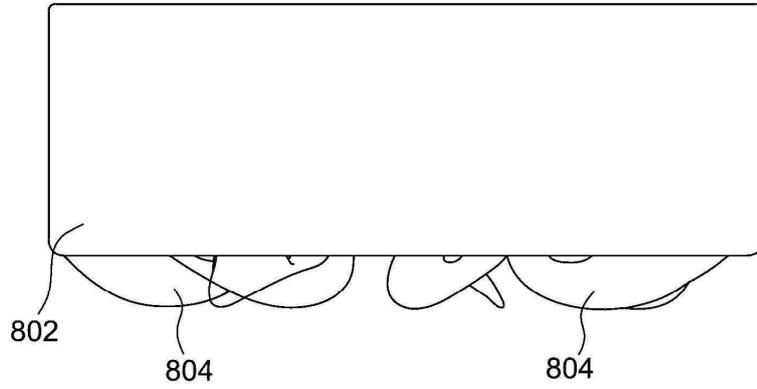
도면13f

좌측

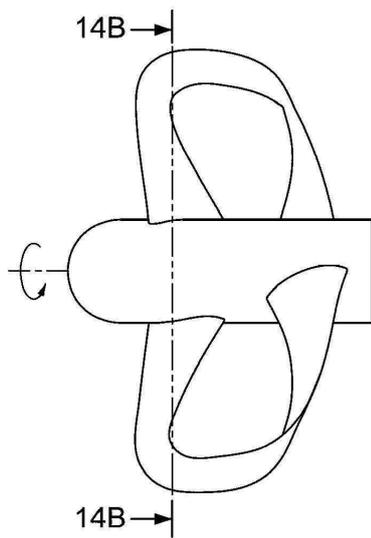


도면13g

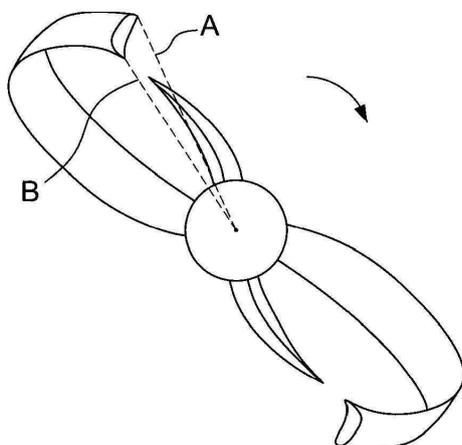
우측



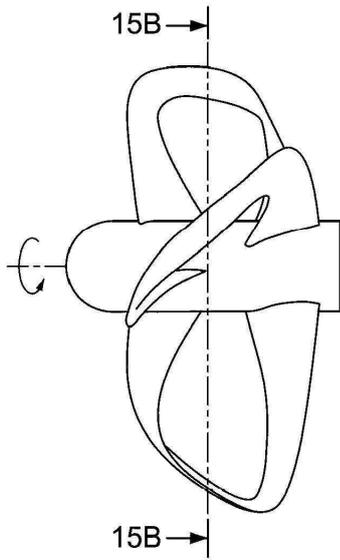
도면14a



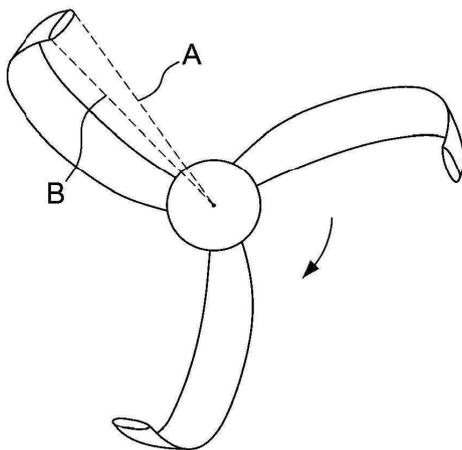
도면14b



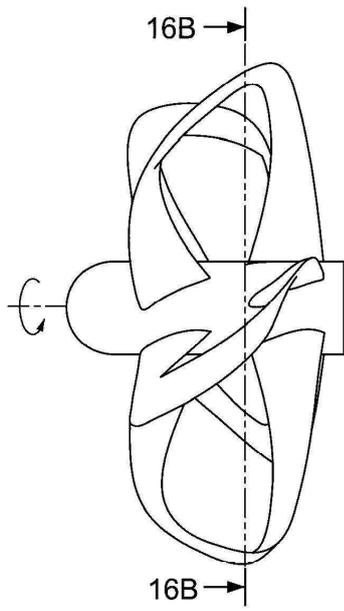
도면15a



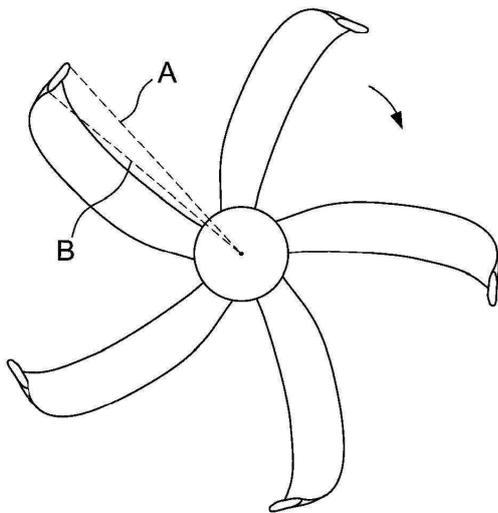
도면15b



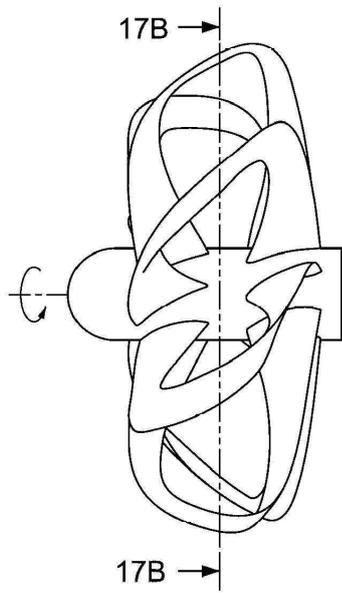
도면16a



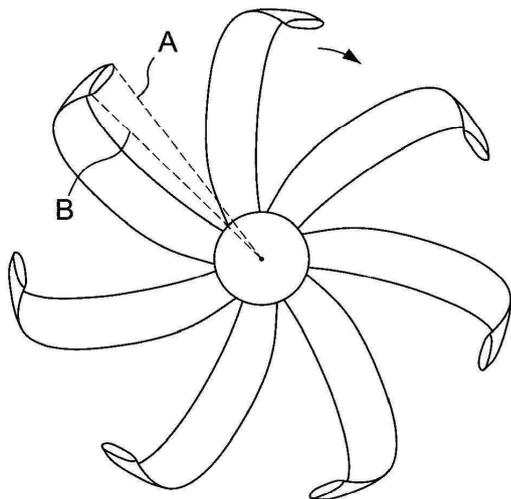
도면16b



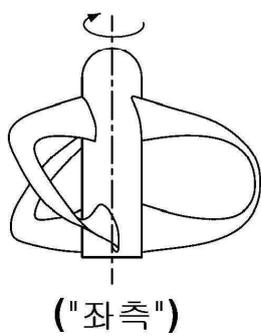
도면17a



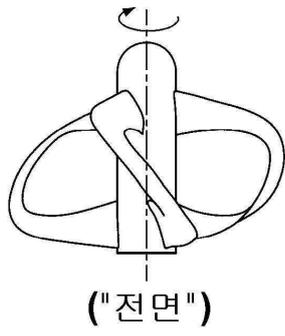
도면17b



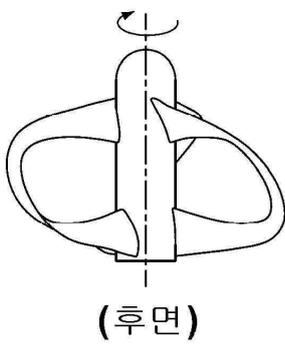
도면18a



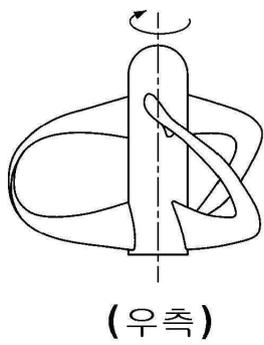
도면18b



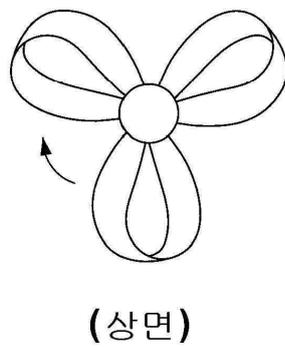
도면18c



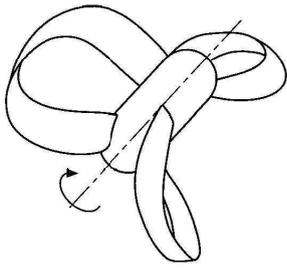
도면18d



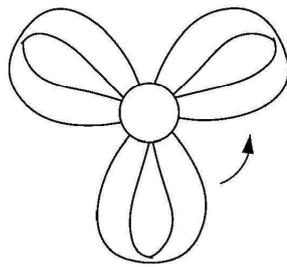
도면18e



도면18f

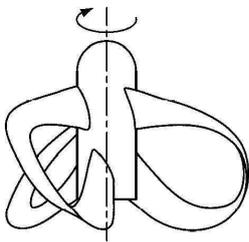


(사시도)



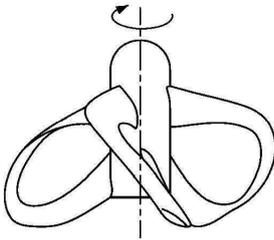
(저면)

도면19a



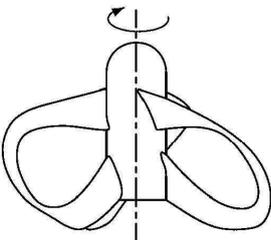
("좌측")

도면19b



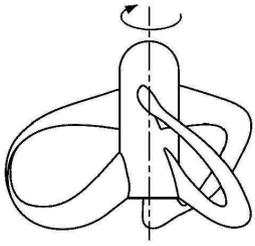
("전면")

도면19c



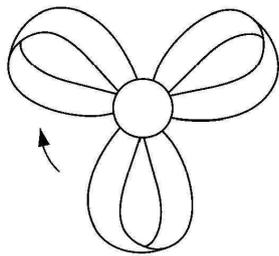
(후면)

도면19d



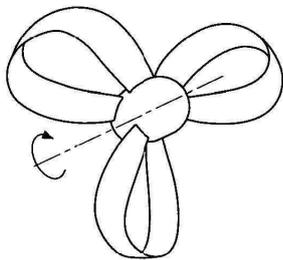
(우측)

도면19e

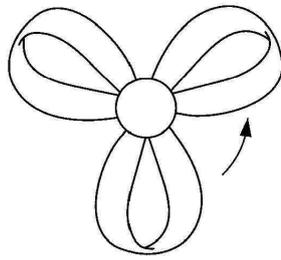


(상면)

도면19f

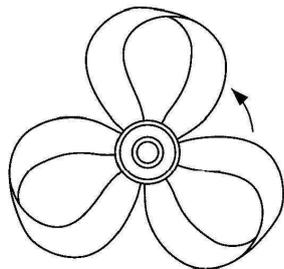


(사시도)



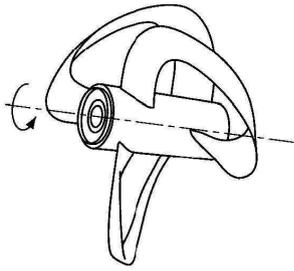
(저면)

도면20a



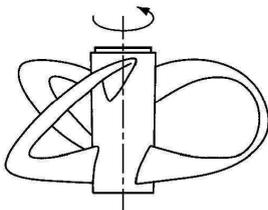
("상면")

도면20b



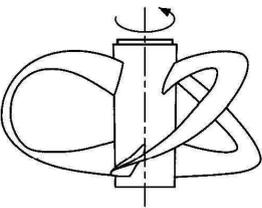
(사시도)

도면20c



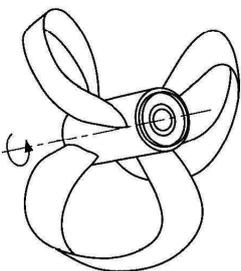
("우측")

도면20d



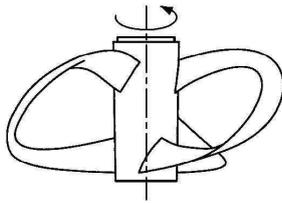
("좌측")

도면20e



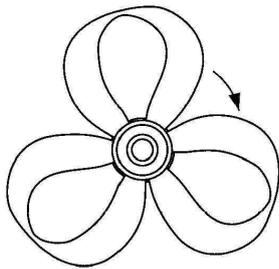
(사시도)

도면20f



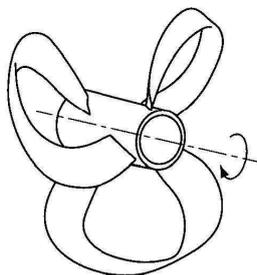
("전면")

도면20g



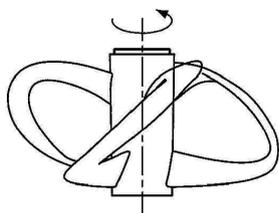
(저면)

도면20h



(사시도)

도면20i

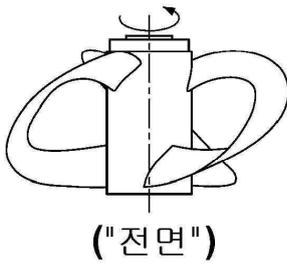


("후면")

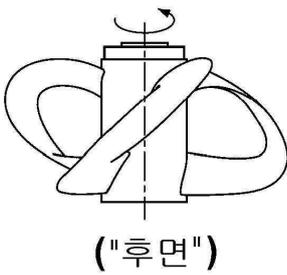
도면21a



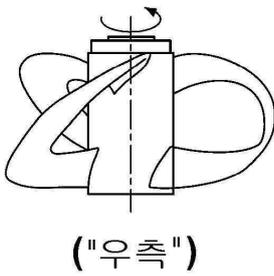
도면21b



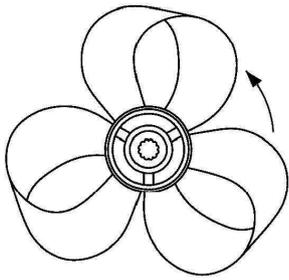
도면21c



도면21d

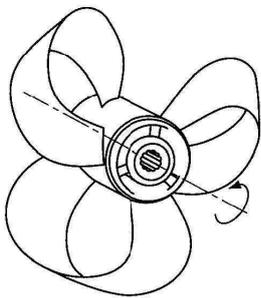


도면21e

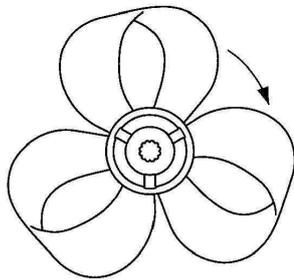


(상면)

도면21f



(사시도)



(저면)