



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월13일  
(11) 등록번호 10-1898552  
(24) 등록일자 2018년09월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B64C 27/467 (2006.01) B64C 11/18 (2006.01)  
B64C 11/20 (2006.01) B64C 27/473 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B64C 27/467 (2013.01)  
B64C 1/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0168852  
(22) 출원일자 2016년12월12일  
심사청구일자 2016년12월12일  
(65) 공개번호 10-2017-0074174  
(43) 공개일자 2017년06월29일  
(30) 우선권주장  
FR 1502662 2015년12월21일 프랑스(FR)  
(56) 선행기술조사문헌  
EP0517467 A1  
JP2017141014 A  
JP2000264295 A

(73) 특허권자  
에어버스 헬리콥터스  
프랑스공화국, 마리그낭 세텍스 13725, 에어로포  
트 인터내셔널 마르세르 프로방스  
(72) 발명자  
류싱크, 데이비  
프랑스 13290 엑상프로방스 배트 비1 40 플레이스  
진-도미니크 카시니  
알파노, 데이비드  
프랑스 13090 엑상 프로방스 2 루 아쉴 앙페레르  
가레통, 빈센트  
프랑스 13280 앙쉬에스 라 르돈느 27 알레 데스  
하이론텔레스  
(74) 대리인  
황의만

전체 청구항 수 : 총 12 항

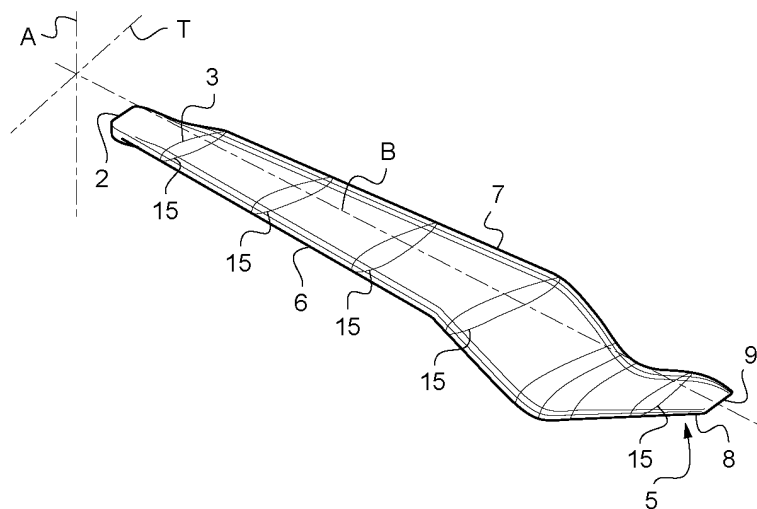
심사관 : 홍근조

(54) 발명의 명칭 접근 비행 동안 음향 향상과 포워드 비행시의 성능 향상을 위해 조정된 모양을 갖는 항공기의 로터 블레이드

(57) 요약

본 발명은 회전익기(10)용 로터(11)의 블레이드(1)에 관한 것이다. 상기 블레이드(1)는, 특히 상기 블레이드(1)의 비틀림 강성과 휨 강성을 향상시키기 위해, 상기 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 스위프와 익현의 변화에 관한 관계를 제공한다. 상기 블레이드(1)는 2중으로 테이퍼되어 있고, 3개의 스위프를 제공하여, 첫 번째로는 포워드 비행시 상기 블레이드(1)의 공기역학적 성능을 향상시키는 것을 가능하게 하고, 두 번째로는 특히 접근 비행 동안 상기 블레이드(1)에 의해 발생하는 소음을 감소시키는 것을 가능하게 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B64C 11/18* (2013.01)

*B64C 11/20* (2013.01)

*B64C 27/473* (2013.01)

*Y02T 50/66* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

회전익기(10)용 로터(11)에 관한 블레이드(1)로서,

상기 블레이드(1)는 회전축(A)을 중심으로 회전하기 위한 것이고, 상기 블레이드(1)는 첫 번째로는 로터(11)의 중심축(12)에 연결하기에 적합한 블레이드 스타트(2)와 상기 블레이드(1)의 자유로운 끝에 위치한 블레이드 팁(tip)(9) 사이의 블레이드 축(B)을 따라 연장하며, 두 번째로는 리딩 에지(6)와 트레일링 에지(7) 사이의 블레이드 축(B)에 수직인 가로축(T)을 따라 연장하고, 상기 블레이드(1)는 블레이드 스타트(2)와 블레이드 팁(9) 사이에 위치한 에어포일 부분(4)을 포함하며, 상기 에어포일 부분(4)은 일련의 에어포일 프로파일(15)로 구성되는데, 상기 에어포일 프로파일(15) 각각은 블레이드 축(B)에 수직이고 블레이드 축(B)을 가로지르는 평면에 위치하여 상기 블레이드(1)의 섹션을 형성하고, 상기 블레이드 팁(9)은 상기 회전축(A)으로부터 로터 반경(R)과 같은 거리에 위치하며, 가로 평면에서 상기 리딩 에지(6)와 상기 트레일링 에지(7) 사이의 최대 거리는 상기 블레이드(1)의 섹션들 각각의 에어포일 프로파일(15)에 관한 익현(c)을 지정하고, 평균 익현( $\bar{c}$ )은 상기 에어포일 부분(4) 위의 익현(c)의 평균값이며, 포워드 제1 방향은 상기 트레일링 에지(7)로부터 시작하여 상기 리딩 에지(6)까지이고, 뒤쪽으로는 제2 방향은 상기 리딩 에지(6)로부터 시작하여 상기 트레일링 에지(7)까지이며,

상기 블레이드(1)는 익현과 스위프에서의 변화에 관한 관계의 결합을 제공하고, 상기 스위프는 상기 리딩 에지와 상기 블레이드 축(B) 사이의 각도이며, 상기 익현은 상기 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와, 0.6R 내지 0.9R의 범위에 있는 상기 회전축(A)으로부터 제1 거리만큼 떨어져 위치한 제1 섹션(S1) 사이에서 증가하고, 상기 익현은 상기 제1 섹션(S1)을 지나 감소하며,

상기 스위프는 상기 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와 0.5R과 0.8R 사이에 있는 회전축(A)으로부터 제2 거리만큼 떨어져 위치한 제2 섹션(S2) 사이에서 상기 블레이드(1)의 앞쪽으로 향하고, 상기 리딩 에지는 상기 블레이드 축(B)에 대해  $0^\circ$  보다 크고  $10^\circ$  보다 작은 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )를 형성하며, 상기 스위프는 0.6R 내지 0.95R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제3 거리만큼 떨어져 위치한 제3 섹션(S3)과 제2 섹션(S2) 사이에서 상기 블레이드(1)의 앞쪽으로 향하고, 상기 리딩 에지는 상기 블레이드 축(B)에 대해  $1^\circ$  내지  $15^\circ$ 의 범위에 있는 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )를 형성하며, 상기 스위프는 제3 섹션(S3)과 블레이드 팁(9) 사이에서 상기 블레이드(1)의 뒤쪽으로 향하고, 상기 리딩 에지는 상기 블레이드 축(B)에 대해  $-35^\circ$  내지  $-15^\circ$ 의 범위에 있는 백워드 제3 스위프 각도( $\alpha_3$ )를 형성하는 블레이드.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )는 상기 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )와는 상이한 블레이드.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )는 상기 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )보다 작은 블레이드.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ ), 상기 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ ), 및 상기 백워드 제3 스위프 각도( $\alpha_3$ )는, 상기 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와 제2 섹션(S2) 사이, 제2 섹션(S2)과 제3 섹션(S3) 사이, 및 상기 제3 섹션(S3)과 상기 블레이드 팁(9) 사이에서 각각 일정한 블레이드.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )는  $4^\circ$  와 같고, 상기 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )는  $8^\circ$  와 같으며, 상기 백워드 제3 스위프 각도( $\alpha_3$ )는  $-23^\circ$  와 같은 블레이드.

#### 청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 블레이드 스타트(2)는 회전축(A)으로부터  $0.05R$  내지  $0.3R$ 의 범위에 있는 제4 거리에 위치하고, 상기 에어포일 부분(4)의 스타트(3)는 회전축(A)으로부터  $0.1R$  내지  $0.4R$ 의 범위에 있는 제5 거리에 위치하며, 상기 제5 거리는 상기 제4 거리 이상이고, 상기 블레이드(2)의 스타트 부근에서의 익현은  $0.4\overline{C}$  내지  $0.9\overline{C}$ 의 범위에 있는 블레이드.

#### 청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 익현은 상기 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와 상기 제1 섹션(S1) 사이에서 평균 익현( $\overline{C}$ )을 중심으로  $\pm 40\%$ 만큼 변하는 블레이드.

#### 청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 익현은  $0.9R$  내지  $0.95R$ 의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제8 거리에 위치한 제6 섹션(S6)을 지나 상기 블레이드 팁(9)까지 비선형 방식으로 감소하는 블레이드.

#### 청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 익현은 제6 섹션(S6)을 지나 포물선 방식으로 감소하는 블레이드.

#### 청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 블레이드(1)는 상기 블레이드 팁(9)의 부근에서 상반각을 가지는 블레이드.

#### 청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 평균 익현( $\overline{C}$ )은 하기 공식, 즉

$$\overline{C} = \frac{\int_{R_0}^R L(r) \cdot r^2 \cdot dr}{\int_{R_0}^R r^2 \cdot dr}$$

의 적용시 상기 블레이드(1)의 섹션 각각의 프로필(15)에 가중치를 더하는 반경의 제곱( $r^2$ )에 의해 규정되고,

상기 공식에서  $L(r)$ 은 회전축(A)으로부터 반경( $r$ )에 위치한 상기 블레이드(1)의 국부적인 프로필(15)의 국부적인 익현의 길이이고,  $R_0$ 는 에어포일 부분(4)의 스타트(3)의 반경이며,  $R$ 은 상기 블레이드 팁(9)의 반경인 블레이드.

## 청구항 12

회전익기(10)용 로터(11)로서,

상기 로터(11)는 제1 항에 따른 적어도 2개의 블레이드(1)를 가지는 로터.

## 발명의 설명

## 기술 분야

### [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합되고, 2015년 12월 21일 출원된 FR1502662의 이익을 주장한다.

[0003] 본 발명은 양력 발생 에어포일(airfoil) 표면, 특히 회전익을 형성하는 에어포일 표면의 분야에 관한 것이다.

[0004] 본 발명은 회전익기 로터용 블레이드와, 적어도 2개의 그러한 블레이드를 가지는 로터에 관한 것이다. 이러한 블레이드는, 특히 회전익기에 양력과 또한 아마도 추진력을 제공하기 위한 메인 로터용으로 의도된 것이다.

[0005] 일반적으로, 블레이드는 로터의 회전하는 중심축(hub)에 고정하기 위한 제1 끝 부분(end)으로부터 "자유로운 (free)" 끝 부분이라고 부르는 제2 끝 부분까지 그것의 날개 길이(span)를 따라 세로로 연장한다. 로터에 관계 되어, 블레이드는 제1 끝 부분으로부터 제2 끝 부분 쪽으로 날개 길이 방향으로 방사상으로 연장하는 것이 이해 될 수 있다. 또한, 블레이드는 블레이드의 익현(chord)을 따라 블레이드의 리딩 에지(leading edge)로부터 트레 일링 에지(trailing edge) 쪽으로 가로로 연장한다.

[0006] 그러므로 블레이드는 로터의 회전하는 중심축에 의해 회전 구동된다. 그러므로 중심축의 회전축은 블레이드의 회전축에 대응한다.

[0007] 제1 끝 부분은 일반적으로 아래에서 "블레이드 스타트(blade start)"라고 불리고, 자유로운 제2 끝 부분은 "블 레이드 팁(blade tip)"이라고 불린다.

[0008] 작동시, 로터의 각각의 블레이드는 공기력, 특히 로터가 회전 운동하는 동안 공기역학적 양력을 받고, 이러한 힘은 항공기에 양력, 또는 실제로 추진력을 제공하는 역할을 한다.

[0009] 이러한 목적을 위해, 블레이드는 블레이드 스타트와 블레이드 팁 사이에 위치한 에어포일 부분을 가진다. 이러한 에어포일 부분은 날개 길이 방향을 따라 일련의 에어포일 프로필로 구성되고, 이러한 에어포일 프로필은 종 종 아래에서 짧게 "프로필"이라고 부른다. 각각의 프로필은 일반적으로 날개 길이 방향에 수직인 가로 평면에 놓이고, 블레이드의 하나의 섹션(section)을 규정한다. 이러한 에어포일 부분은 에어포일 부분의 스타트와 블레 이드 팁 사이에 배치되고, 실질적으로 블레이드의 모든 양력을 제공한다.

[0010] 블레이드 스타트와 에어포일 부분의 스타트 사이의 전이 구역(transition zone)의 모양은 일반적으로 제조상의 제약조건과 블레이드에 관한 구조상 제약조건이 부과된다. 블레이드 스타트와 에어포일 부분의 스타트 사이의 이러한 전이 구역은 "블레이드 루트(blade root)"라고 불릴 수 있고, 그것의 공기역학적 성능은 에어포일 부분 의 공기역학적 성능보다 훨씬 적다. 그러므로 에어포일 부분의 스타트는 블레이드 스타트와 블레이드 팁 사이에 서 블레이드 루트에 가까운 곳에 위치한다. 그렇지만, 이러한 전이 구역은 어느 정도의 양력을 발생시킬 수 있 다. 게다가, 로터의 중심축 부근에 위치하는 이러한 전이 구역은 그것의 공기역학적 모양에 관계없이, 블레이드 의 총 양력에 약간의 작은 기여를 제공한다.

[0011] 예를 들면, 에어포일 부분에서의 블레이드의 섹션들의 프로필은 이상적으로는 두께가 0인 얇은 트레일링 에지를 그 특징으로 하는데, 블레이드 스타트와, 블레이드 스타트와 에어포일 부분의 스타트 사이의 전이 구역의 부근 에서의 트레일링 에지는 두껍고, 아마도 둥글게 되어 있다.

[0012] 회전익기는 순항 비행 동안의 높은 포워드(forward) 속도와 매우 낮은 포워드 속도 모두를 가지고 비행할 수 있 고, 또한 호버링 비행을 수행할 수 있다는 장점을 제공한다. 그러므로 회전익기는 면적이 작은 구역들에 착륙할 수 있고, 따라서 예를 들면 사람이 거주하고 있는 영역에 더 가깝게, 또는 실제로 착륙 데크(deck) 또는 패드 (pad)에 착륙할 수 있다는 장점을 제공한다.

[0013] 그렇지만, 고속으로 이루어지는 포워드 비행은 블레이드가 매우 낮은 포워드 속도로 비행하는 것과 호버링 비행 하는 것에 필요한 특징들과는 다르거나 심지어 불리할 수 있는 공기역학적 특징들을 가질 것을 요구한다.

- [0014] 마찬가지로, 블레이드의 공기역학적 특징들은 또한 블레이드에 의해 발생된 소음에 영향을 미친다. 그러한 소음은 사람 거주 영역에 가까운 것 때문에 접근 단계와 착륙 단계 동안 문제가 될 수 있다. 또한, 엄격한 음향 공인 기준이 회전익 항공기가 따른 것이 요구되는 사운드 레벨을 정하고 있다.
- [0015] 에어포일 프로파일의 미리 결정된 선택을 위해, 고속으로 포워드 비행하는 동안과, 호버링 비행 동안에 블레이드의 공기역학적 성능과, 또한 블레이드의 음향 신호에 영향을 미치는 블레이드의 기하학적 특징들이 특히 블레이드의 섹션들의 에어포일 프로파일들의 익현, 블레이드의 스위프(sweep), 및 블레이드의 트위스트(twist)에 의해 구성된다.
- [0016] 익현은 블레이드 섹션의 프로파일의 리딩 에지와 트레일링 에지 사이의 거리라는 것이 상기되어야 한다. 이러한 익현은 블레이드의 날개 길이에 따라 변할 수 있다. "테이퍼(taper)"라는 용어가 블레이드의 날개 길이를 따라 이어지는 익현들의 감소를 가리키기 위해 사용되지만, 이러한 용어는 또한 블레이드의 날개 길이를 따라 존재하는 익현들의 증가를 가리킬 수 있다.
- [0017] 블레이드의 특정 축을 갖는 블레이드의 리딩 에지에 의해 형성된 각으로서 스위프가 규정될 수 있다. 관례상, 포워드 스위프를 갖는 구역(zone)에서는, 리딩 에지가 로터의 회전 방향에서 포지티브(positive)인 상기 블레이드 축에 대한 스위프 각도를 형성하는데 반해, 백워드(backward) 스위프를 갖는 구역에서는 리딩 에지가 네거티브(negative)인 상기 블레이드 축에 대한 스위프 각도를 형성한다. 상기 블레이드 축은 일반적으로 블레이드의 피치 또는 페더링 축(feathering axis)과 일치한다.
- [0018] 블레이드의 트위스트(twist)는 블레이드의 날개 길이를 따라 블레이드의 섹션들의 프로파일 설정을 변화시키는 것으로 이루어진다. "설정(setting)"이라는 용어는 블레이드의 기준 평면에 대한 블레이드 섹션들의 각각의 프로파일의 익현 사이에 형성된 각도를 가리키고, 이러한 각도는 "트위스트" 각도라고 부른다. 예를 들면, 이러한 기준 평면은 블레이드의 회전축에 수직이고 상기 블레이드 축을 포함하는 평면일 수 있다.
- [0019] "트위스트 관계"라고 하는 용어는 트위스트 각도가 블레이드의 날개 길이를 따라 어떻게 변화하는지를 가리킨다. 관례상, 트위스트는 블레이드의 섹션 프로파일의 리딩 에지가 상기 기준 평면보다 낮을 때 네거티브인 것으로 측정된다.

## 배경 기술

- [0020] 접근 단계 동안 블레이드의 음향 성능과 함께, 고속의 포워드 비행을 위한 블레이드의 성능과 호버링 비행을 위한 블레이드의 성능을 독립적으로 향상시키기 위한 효과적인 해결책이 공지되어 있다.
- [0021] 예를 들면, 호버링 비행을 위한 블레이드의 공기역학적 성능을 향상시키는 것은, 변화하지 않는 로터 양력을 위해 블레이드에 의해 생성된 동력(power)을 감소시키는 것을 그 특징으로 한다. 이러한 향상은 블레이드의 모양에 대한 수동적인(passive) 변화, 특히 블레이드의 트위스트를 증가시킴으로써 얻어질 수 있다.
- [0022] 블레이드의 트위스트의 적절한 증가는 블레이드와, 따라서 로터의 전체 표면 영역 위에서 더 균일하게 양력이 분포될 수 있게 함으로써, 호버링 비행시 로터의 블레이드 각각에 의해 흡수된 동력을 감소시키는 것을 가능하게 한다. 날개 길이의 함수로서 기류의 원주 속도의 변화 때문에, 트위스트를 증가시키는 것은 상기 기준 평면에 대해 리딩 에지를 낮추는 것과, 그렇게 낮추는 것을 블레이드 스타트 쪽보다는 블레이드 팁 쪽으로 더 많이 행하는 것으로 이루어진다는 점이 상기되어야 한다. 호버링 비행시 블레이드의 공기역학적 성능은, 특히 블레이드의 날개 길이를 따라 야기된 속도를 이러한 식으로 더 균일하게 함으로써 증가된다.
- [0023] 그렇지만, 회전익기가 고속으로 이동중일 때에는, 당업자에게 "어드밴싱(advancing)" 블레이드라고 알려진 방위 각 위치에 있는 블레이드에 관해, 다량의 블레이드 트위스트가 네거티브 양력을 가지는, 즉 중력과 동일한 방향에 있는 양력을 발생시키는 블레이드 팁을 가져올 수 있다. 그러므로 이러한 블레이드의 공기역학적 성능은 포워드 비행시 떨어진다. 또한, 블레이드가 받는 공기역학적 부하의 레벨과, 진동 레벨들이 마찬가지로 포워드 비행 동안 크게 증가한다.
- [0024] 블레이드 팁에서 상반각(dihedral)을 추가하는 것은 또한 호버링 비행시 블레이드의 공기역학적 성능을 향상시키는 역할을 한다. 상반각은 위쪽과 아래쪽으로 경사져 있는 블레이드 팁에서 블레이드 표면에 의해 형성된다. 호버링 비행시, 이러한 상반각은 임의의 하나의 블레이드에 의해 발생된 끝 소용돌이가 로터의 후속하는 블레이드들에 대한 영향을 감소시키는 것을 보장하는 역할을 한다. 그렇지만, 그러한 상반각은 포워드 비행시 블레이드의 공기역학적 성능 감소와 또한 진동 증가를 일으킬 수 있다.



- [0025] 또한, 포워드 비행시 블레이드의 공기역학적 성능은 주어진 양력과 포워드 속도에 관한 로터의 블레이드 각각에 의해 소모된 동력을 감소시키는 것을 그 특징으로 한다. 이러한 향상은 블레이드의 모양에 대한 수동적 수정, 그리고 특히 블레이드의 날개 길이를 따라 그것의 익현을 수정하는 것 및/또는 그것의 트위스트를 감소시키는 것에 의해 이루어질 수 있다.
- [0026] 예를 들면, 블레이드의 섹션들의 프로필의 익현은 날개 길이를 따라 블레이드 스타트로부터 가면서 증가한 다음, 블레이드 팁에 도달하기 전에 감소한다. 블레이드는 "2중으로 테이퍼된(double-tapered)" 블레이드라고 불린다. 특허 문헌 EP0842846은 블레이드의 회전축으로부터 블레이드의 총 날개 길이의 60% 내지 90%의 범위에 있는 거리에 최대 익현이 위치하는 2중으로 테이퍼된 블레이드를 설명한다.
- [0027] 그렇지만, 2중으로 테이퍼진 블레이드의 사용은 접근 비행 동안 소음 증가를 종종 일으켜, 그 결과 발생하는 소용돌이의 세기를 증가시키고, 블레이드 각각에 나쁜 영향을 준다. 그러한 2중 테이퍼의 사용은 또한 동일한 트위스트와 동일한 "블레이드 강률(solidity)"을 가지는 블레이드와 비교하여 호버링 비행시 성능을 떨어뜨리고, 이러한 블레이드 강률이라는 용어는 위에서부터 로터 디스크의 영역, 즉 1회전을 통해 회전시 로터의 블레이드에 의해 일소(swept)되는 영역까지 본 로터의 블레이드들에 의해 점유되는 총 면적의 비를 가리킨다.
- [0028] 또한, 그리고 위 내용에 따르면, 블레이드의 트위스트의 감소는 어드밴싱 블레이드 측 상의 블레이드 끝에서의 공기역학적 받음각(angle of attack)들의 증가를 초래한다. 따라서 비틀리지 않는(non-twisted) 블레이드 끝에 관한 받음각은 어드밴싱 블레이드 측 상에서 0에 더 가깝고, 따라서 첫 번째로는 어드밴싱 블레이드 측 상의 블레이드 끝에서의 네거티브 양력을 감소시키는 역할을 하고, 또한 특히 충격파의 출현과 연관된 항력(drag)과 같은 국부적인 항력을 감소시키는 역할을 한다.
- [0029] 그에 반해서, 블레이드의 끝에서 트위스트를 감소시키는 것은, 후퇴하는(retreating) 블레이드 측 상의 블레이드의 실속 마진(stall margin)의 감소를 초래한다. 게다가, 블레이드의 트위스트의 이러한 감소는 전술한 바와 같이, 호버링 비행시 알맞지 않다.
- [0030] 특허 문헌 US7252479 및 EP0565413은 2중으로 테이퍼된 블레이드를 트위스트 관계와 결합하는 고속 포워드 비행에 적합하게 된 블레이드를 설명한다.
- [0031] 마지막으로, 접근 비행 동안 블레이드의 음향 성능의 향상은 로터의 이전 블레이드들에 의해 발생된 공기 소용돌이와 블레이드 사이의 상호 작용에 의해 발생하는 소음을 감소시키는 것이 그 특징이 될 수 있다. 이러한 향상은 블레이드의 모양에 대한 수동적 수정, 특히 블레이드의 날개 길이를 따라 블레이드의 스위프를 수정함으로써, 이루어질 수 있다.
- [0032] 일 예로서, 특허 문헌 EP1557354, US2012/0251326, 및 US6116857에 설명된 것처럼, 앞쪽으로 일소되는 제1 구역과 뒤쪽으로 일소되는 제2 구역을 갖는 블레이드는, 이들 제1 구역과 제2 구역에서의 블레이드의 리딩 에지가 이전 블레이드들에 의해 생성된 소용돌이의 라인(line)들에 평행한 것을 회피한다. 그러므로 그러한 블레이드는 블레이드와 이들 소용돌이 사이의 상호 작용을 제한할 수 있는데, 예컨대 블레이드와 소용돌이들 사이의 상호 작용과 연관된 충격(impulse) 소음의 세기를 감소시키고, 따라서 소음의 출현을 제한한다.
- [0033] 또한, 2개의 스위프를 갖는 블레이드는 또한 비행시 발생된 소음 레벨을 감소시키는 역할을 하는 뒤쪽으로 일소된 제2 구역에서 테이퍼를 또한 포함할 수 있다. 구체적으로, 주어진 프로필에 관해서, 블레이드의 두께는 익현이 짧아짐으로써 감소하고, 이로 인해 소위 "두께" 소음의 출현을 감소시킨다. 마찬가지로, 블레이드의 영역이 블레이드의 테이퍼의 결과로서 감소되기 때문에, 블레이드의 양력이 또한 수정되고, 이는 소위 "부하(load)" 소음의 출현을 감소시킬 수 있다.
- [0034] 블레이드가 작동시 생긴 소용돌이를 수정하기 위해, 블레이드 끝에서의 공기역학적 부하에 작용하는 것이 가능하고, 따라서 블레이드의 소리 레벨을 감소시키는 것이 가능하다. 이를 위해, 블레이드의 제2 프로필의 트위스트와 익현에서의 변화에 관한 관계들이 수정된다. 그렇지만, 그러한 변화는 호버링 비행이나 포워드 비행에 관한 전술한 최적화와 양립 가능하지 않다.
- [0035] 또한, 블레이드의 모양과는 독립적으로, 블레이드의 회전 속도를 수정하는 것, 또는 실제로는 항공기의 블레이드들에 의해 지면으로 방사된 소음을 감소시키기 위해서, "최소 소음 접근 비행 경로들"이라고 부르는 항공기에 관한 특정 접근 비행 경로들을 채택하는 것 역시 가능하다.
- [0036] 그렇지만, 블레이드의 회전 속도를 수정하는 것은 블레이드의 균형을 동적으로 맞추는 작업을 더 복잡하게 만든다. 또한, 블레이드의 회전 속도 감소는 특히, 블레이드의 끝에서의 공기역학적 실속(stall)의 증가, 그리고 따

라서 블레이드의 동적인 제어력의 증가를 가져올 수 있다.

[0037] 또한, 호버링 비행에 대해 적합하게 되거나 그 외에 포워드 비행에 대해 적합하게 되는 트위스트 관계와, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현에서 변화를 갖는 스위프들을 적용하는 것을 결합하는 것이 가능하다. 그러므로 특허 문헌 EP1557354와 US2012/0251326은 호버링 비행을 위해 적합하게 되면서, 또한 접근 비행 동안 발생된 소음 감소를 가능하게 하는 블레이드들을 설명한다. 마찬가지로, 특허 문헌 EP0842846은 고속으로 포워드 비행하기 위해 적합하게 되고 접근 비행 동안에 소음이 제한될 수 있게 하는 블레이드를 설명한다.

[0038] 그렇지만, 그러한 블레이드의 공기역학적 성능은 블레이드가 적합하게 되지 않는 비행의 단계에 관해서는 최적화되지 않는다. 블레이드에 의해 생긴 소음을 상당히 감소시키는 것은, 어느 경우에서든 우선순위가 주어지고, 그러한 블레이드의 공기역학적 성능은 비행의 특정 단계들 동안에는 떨어질 수 있다. 이러한 성능의 떨어짐은 특히 블레이드가 받게 되는 공기역학적 힘과 관성력 하에서 변형될 수 있는 블레이드의 트위스팅 강성도 및/또는 휘어짐(bending) 강성도가 결여된 것이 기인한다.

[0039] 그에 반해, 고속 포워드 비행에 관한 블레이드 프로파일을 최적화하는 것은, 호버링 비행에 관한 프로파일을 최적화하는 것과 다르게 그러한 최적화에 반하여 가는 것으로 보인다. 호버링 비행과 고속 포워드 비행 모두에 관한 프로파일을 최적화하는 것은 특히 이루기가 복잡한데, 이는 블레이드가 마주치는 공기역학적 조건이 다르기 때문이다. 또한, 로터가 회전하는 동안, 블레이드의 위치는 기류에 대하여 나아가는 것과 후퇴하는 것 사이에서 블레이드의 위치가 번갈아가며 바뀔므로 인해, 블레이드가 마주치는 공기역학적 조건 사이의 차이를 증가시킨다.

[0040] 마지막으로, 2011년 9월 갈라라테(Gallarate)(이탈리아)에서 개최된 "European Rotorcraft Forum"에 주어진 "Multiobjective-multipoint rotor blade optimization in forward flight conditions using surrogate-assisted memetic algorithms"이라는 제목을 가진 문헌은, 포워드 비행에서의 블레이드를 최적화하는 몇 가지 방법을 비교한다. 블레이드는 트위스트 관계만을 가질 수 있거나, 익현과 스위프를 변화시키기 위한 관계의 결합을 제공할 수 있거나, 실제로는 트위스트, 익현, 및 스위프를 변화시키기 위한 관계의 결합을 제공할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0041] 본 발명의 목적은 접근 비행 동안 블레이드에 의해 생긴 소음을 감소시키면서, 블레이드의 공기역학적 성능을 향상시키는 블레이드를 제안하고 전술한 한계들을 극복하는 것이다. 본 발명은 또한 적어도 2개의 그러한 블레이드를 가지는 회전익기를 위한 로터에 관한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0042] 그러므로 본 발명은 회전익기의 로터에 관한 블레이드를 제공하고, 이러한 블레이드는 회전축(A)을 중심으로 회전하기 위한 것이고, 첫 번째로는 로터의 중심축에 연결하기에 적합한 블레이드 스타트와 블레이드의 자유로운 끝에 위치한 블레이드 팁(tip) 사이의 블레이드 축(B)을 따라 연장하며, 두 번째로는 리딩 에지와 트레일링 에지 사이의 블레이드 축(B)에 실질적으로 수직인 가로축(T)을 따라 연장하고, 이러한 블레이드는 블레이드 스타트와 블레이드 팁 사이에 위치한 에어포일 부분을 포함하며, 이러한 에어포일 부분은 일련의 에어포일 프로파일로 구성되는데, 이러한 에어포일 프로파일 각각은 블레이드 축(B)에 실질적으로 수직인 가로 평면에 위치하여 블레이드의 섹션을 형성하고, 블레이드 팁은 회전축(A)으로부터 로터 반경(R)과 같은 기준 거리에 위치하며, 가로 평면에서 리딩 에지와 트레일링 에지 사이의 최대 거리는 블레이드의 에어포일 프로파일 각각에 관한 익현(c)을 구상하고, 평균 익현( $\bar{c}$ )은 에어포일 부분 위의 익현(c)의 평균값이며, 포워드 제1 방향은 트레일링 에지로부터 리딩 에지까지 규정되고, 뒤쪽으로는 제2 방향은 리딩 에지로부터 트레일링 에지까지 규정된다.

[0043] 평균 익현( $\bar{c}$ )은 공식, 즉

$$\bar{c} = \frac{\int_{R_0}^R L(r) \cdot r^2 \cdot dr}{\int_{R_0}^R r^2 \cdot dr}$$

[0044]



- [0045] 의 적용시 블레이드의 섹션 각각의 프로필에 가중치를 더하는 반경의 제곱( $r^2$ )에 의해 바람직하게 규정되고, 이 경우  $L(r)$ 은 회전축(A)으로부터 반경(R)에 위치한 블레이드의 프로필의 국부적인 익현의 길이이고,  $R_0$ 는 에어포일 부분의 스타트의 반경이며, R은 블레이드 팁의 반경이다.
- [0046] 그렇지만, 평균 익현( $\bar{c}$ )은 블레이드의 에어포일 부분 전부에 걸친 블레이드의 섹션들의 익현(c)의 산술 평균에 의해 규정될 수 있다.
- [0047] 본 발명의 이러한 블레이드는 그것이 그것의 익현과 그것의 스위프에서의 변화에 관한 관계의 결합을 나타낸다는 점에서 주목할 수 있고, 이 경우 블레이드의 익현은 에어포일 부분의 스타트와 0.6R 내지 0.9R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제1 거리만큼 떨어져 위치한 제1 섹션(S1) 사이에서 증가하며, 제1 섹션(S1)을 넘어 감소하고, 블레이드의 스위프는 처음에는 에어포일 부분의 스타트와 0.5R 내지 0.8R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제2 거리만큼 떨어져 위치한 제2 섹션(S2) 사이의 블레이드의 앞쪽으로 향하고, 리딩 에지가 블레이드 축(B)에 대해  $0^\circ$  내지  $10^\circ$ 의 범위에 있는 포워드 제1 스위프 각도를 형성하며, 그런 다음 스위프는 0.6R 내지 0.95R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제3 거리만큼 떨어져 위치한 제3 섹션(S3)과 제2 섹션(S2) 사이의 블레이드의 앞쪽으로 향하고, 리딩 에지는 블레이드 축(B)에 대해  $1^\circ$  내지  $15^\circ$ 의 범위에 있는 포워드 제2 스위프 각도를 형성하며, 스위프는 마지막으로 제3 섹션(S3)과 블레이드 팁 사이의 블레이드의 뒤쪽으로 향하고, 리딩 에지는 블레이드 축(B)에 대해  $-35^\circ$  내지  $-15^\circ$ 의 범위에 있는 뒤쪽의 제3 스위프 각도를 형성한다.
- [0048] 본 발명의 블레이드는 바람직하게는 회전익기에 양력과 또한 가능하게는 추진력을 제공하는 메인 로터를 위한 것이다. 블레이드의 회전축(A)은 로터의 중심축의 회전축에 대응한다.
- [0049] 블레이드의 에어포일 부분은 블레이드가 축(A)을 중심으로 회전하면서 블레이드로부터 양력의 주요 부분을 제공한다. 이러한 에어포일 부분의 스타트는 특히 얇은 트레일링 에지를 그 특징으로 하는데 반해, 블레이드 스타트와 에어포일 부분의 스타트 사이에서는 트레일링 에지가 두껍거나 심지어 둥글게 되어 있다. 그러므로 이러한 에어포일 부분의 스타트는 일반적으로 블레이드 스타트와는 다르고, 블레이드 스타트의 부근에서 블레이드 스타트와 블레이드 팁 사이에 위치한다.
- [0050] 블레이드 팁은 회전축(A)으로부터 로터 반경(R)과 같은 기준 거리만큼 떨어져 위치하고, 이러한 로터 반경(R)은 블레이드 축(B)을 따라, 프로필 또는 실제로는 블레이드의 섹션의 위치를 정하기 위해 사용된다. 예를 들면, 블레이드 스타트는 회전축(A)으로부터 0.05R 내지 0.3R의 범위에 있는 제4 거리에 위치하고, 블레이드의 에어포일 부분의 스타트는 회전축(A)으로부터 0.1R 내지 0.4R의 범위에 있는 제5 거리에 위치한다. 제5 거리는 제4 거리 이상이다.
- [0051] 마찬가지로, 에어포일 부분 위의 블레이드의 평균 익현( $\bar{c}$ )은 블레이드의 날개 길이를 따라 블레이드의 프로필 각각의 익현을 규정하기 위해 사용된다.
- [0052] 그러므로 스위프의 변화에 관한 관계가 유리하게 블레이드의 음향 신호를 향상시키는 역할을 하는 3개의 스위프를 갖는 블레이드를 규정한다. 포워드 제1 스위프 각도는 바람직하게는 엄밀히  $0^\circ$  보다는 크다.
- [0053] 이들 3개의 스위프는, 블레이드가 회전하는 동안 이전 블레이드에 의해 생긴 소용돌이와 블레이드의 리딩 에지가 평행한 것을 유리하게 방지한다. 그러므로 이들 3개의 스위프는, 로터의 이전 블레이드에 의해 생긴 공기 소용돌이와 블레이드 사이의 상호 작용에 의해 발생하는 음향 에너지의 세기가 블레이드의 날개 길이의 한 부분에 걸쳐, 특히 접근 비행 동안에 감소될 수 있게 한다.
- [0054] 또한, 이전 블레이드의 끝은 나선 모양의 소용돌이 라인들을 형성하는 소용돌이를 만든다. 그러면 발생된 소음이 사람의 귀에 미치는 영향을 제한하기 위해서, 이들 소용돌이 라인과 동시에 상호 작용하는 블레이드의 리딩 에지의 날개 길이 부분들을 제한하는 것이 유리하다.
- [0055] 특히, 제2 섹션(S2)과 제3 섹션(S3)에 의해, 그리고 또한 블레이드 팁에 의해 규정된 하나 이상의 구역에 걸쳐 연속적으로 변하는 스위프 각도를 갖는 블레이드의 리딩 에지를 가지고, 그러한 리딩 에지와 후속하는 블레이드에 선행하는 블레이드에 의해 생긴 소용돌이 사이의 상호 작용이, 음향 에너지의 출현이 생기게 하는 리딩 에지에서의 복수의 포인트에서 동시에 일어난다. 이는 사람의 귀에 성가실 수 있는 충격 소음을 가져오고, 이러한 현상은 음향 인중에 있어서 불리하게 만든다.
- [0056] 유리하게, 제2 섹션(S2)과 제3 섹션(S3) 그리고 블레이드 팁에 의해 규정된 구역 각각에 걸쳐 블레이드 축에 대

해 경사져 있는 블레이드의 끝은(straight) 리딩 에지를 가지고, 그러한 리딩 에지와 이들 소용돌이 사이의 상호 작용이 리딩 에지를 따라 더 작은 개수의 포인트에서 동시에 일어난다. 이는 주어진 신호의 충격 성질(impulse nature)의 감소를 초래하여, 사람 귀에 덜 성가시게 한다.

- [0057] 따라서, 블레이드의 리딩 에지는, 관찰자가 감지한 음향 에너지를 감소시키도록, 제2 섹션(S2)과 제3 섹션(S3) 그리고 블레이드 팁에 의해 규정된 구역 각각에 걸쳐 바람직하게는 곧고 경사져 있다.
- [0058] 그러므로 스위프는 포워드 제1 스위프 각도, 포워드 제2 스위프 각도, 및 백워드 제3 스위프 각도에 의해 바람직하게 형성되고, 이들 3개 모두는 에어포일 부분의 스타트와 제2 섹션(S2) 사이, 그리고 제2 섹션(S2)과 제3 섹션(S3) 사이, 그리고 마지막으로 제3 섹션(S3)과 블레이드 팁 사이에서 각각 일정하다.
- [0059] 마찬가지로, 본 발명의 블레이드를 따라 존재하는 3개의 다른 스위프가 존재하는 것을 보장하도록, 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )는 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )와는 바람직하게 다르다.
- [0060] 게다가, 2개의 포워드 스위프 구역에 걸쳐 점진적인 것을 보장하기 위해, 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )는 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )보다 엄밀하게는 작을 수 있다.
- [0061] 예를 들면, 포워드 제1 스위프 각도는  $4^\circ$  와 같을 수 있고, 포워드 제2 스위프 각도는  $8^\circ$  와 같을 수 있으며, 백워드 제3 스위프 각도는  $-23^\circ$  와 같을 수 있다.
- [0062] 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현의 변화에 관한 관계에서, 익현은 에어포일 부분의 스타트와 제1 섹션(S1) 사이에서 약 평균 익현( $\bar{C}$ )에  $\pm 40^\circ$  만큼 변한다. 그러므로 익현은 에어포일 부분의 스타트로부터 제1 섹션(S1)까지 각각  $0.6\bar{C}$  내지  $1.4\bar{C}$ 의 범위에 걸쳐 변한다. 익현에서의 변화는 특히 호버링 비행 동안에 블레이드의 공기역학적 성능을 더 작은 정도까지 분리하게 하기 위해, 제1 섹션(S1)과 프로파일 부분의 스타트 사이에서 또한 더 작을 수 있다. 예를 들면, 이러한 익현은 에어포일 부분의 스타트와 제1 섹션(S1) 사이의 평균 익현( $\bar{C}$ )을 중심으로  $\pm 20^\circ$  만큼 변할 수 있다.
- [0063] 게다가, 블레이드의 섹션 프로파일들의 익현은 바람직하게는, 예컨대 블레이드의 에어포일 부분의 스타트와  $0.5R$  내지  $0.8R$ 의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제6 거리에 위치한 제4 섹션(S4)과 블레이드의 에어포일 부분의 스타트 사이의 블레이드의 제1 부분에 걸친 평균 익현( $\bar{C}$ )보다 더 작다. 블레이드의 섹션 프로파일의 익현은  $0.85R$  내지  $0.95R$ 의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제7 거리에 위치한 제5 섹션(S5)과 제4 섹션(S4) 사이의 평균 익현( $\bar{C}$ )보다 크고, 제5 섹션(S5)을 넘어 블레이드 팁까지는 평균 익현( $\bar{C}$ )보다 작다. 예를 들면, 블레이드의 에어포일 부분의 스타트 부근에서의 블레이드의 섹션 프로파일의 익현은  $0.4\bar{C}$  내지  $0.9\bar{C}$ 의 범위에 있는데 반해, 블레이드 팁에서의 블레이드의 섹션 프로파일의 익현은  $0.2\bar{C}$  내지  $0.8\bar{C}$ 의 범위에 있을 수 있다.
- [0064] 또한, 그러한 익현은 제6 섹션(S6)을 넘어 블레이드 팁까지는 비선형 방식으로 감소될 수 있고, 이러한 제6 섹션(S6)은  $0.9R$  내지  $0.95R$ 의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제8 거리만큼 떨어져 위치한다. 바람직하게, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현은 제6 섹션(S6)을 넘어서는 포물선 모양인 곡선을 따라 감소한다. 그러면 블레이드 팁에 존재하는 "포물선" 팁 캡(tip cap)이라고 부르는 것이 가능하다. 베지어 곡선(Bezier curve)과 같은 다항식 곡선을 사용하여 이러한 블레이드 팁에 관한 다른 비선형 모양이 또한 가능하다.
- [0065] 그러한 상황에서는, 블레이드 팁에서 섹션의 프로파일의 익현은  $0.2c_1$  내지  $0.8c_1$ 의 범위에 있고, 이 경우  $c_1$ 은 제6 섹션(S6), 즉 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현에서 비선형 감소하는 구역의 시작에서 블레이드의 섹션의 프로파일의 익현의 값이다. 블레이드 팁에서의 익현은 바람직하게는  $0.3c_1$ 와 같다.
- [0066] 블레이드의 섹션 프로파일들의 익현과 스위프에서의 변화에 관한 결합 관계는 특히 접근 비행 동안 블레이드가 발생시킨 소음을 감소시키면서, 포워드 비행시 공기역학적 성능을 향상시키는 역할을 한다.
- [0067] 또한, 블레이드는 그것의 익현과 그것의 스위프에서의 변화에 관한 관계와 트위스트 관계를 결합할 수 있다. 트위스트 관계에서는, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 트위스트가,  $0.3R$  내지  $0.4R$ 의 범위에 있는 회전축(A)으로부터 제9 거리만큼 떨어져 위치한 제7 섹션(S7)과 블레이드 팁 사이에서 감소하고, 제1 트위스트 구배는  $0.4R$  내

지 0.6R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터의 제10 거리에 위치한 제8 섹션(S8)과 제7 섹션(S7) 사이의 범위  $-25^{\circ}/R$  내지  $-4^{\circ}/R$ 에 있고, 제2 트위스트 구배는 0.65R 내지 0.85R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터의 제11 거리에 위치한 제9 섹션(S9)과 제8 섹션(S8) 사이의 범위  $-25^{\circ}/R$  내지  $-4^{\circ}/R$ 에 있으며, 제3 트위스트 구배는 0.85R 내지 0.95R의 범위에 있는 회전축(A)으로부터의 제12 거리에 위치한 제10 섹션(S10)과 제9 섹션(S9) 사이의 범위  $-16^{\circ}/R$  내지  $-4^{\circ}/R$ 에 있고, 제4 트위스트 구배는 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁 사이의 범위  $-16^{\circ}/R$  내지  $0^{\circ}/R$ 에 있다.

[0068] 유리하게, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 스위프와 익현에서의 변화에 관한 관계를 트위스트에 관한 관계와 결합하는 것은, 포워드 비행시 블레이드의 공기역학적 성능이나 접근 비행 동안의 블레이드에 의해 발생된 소음을 떨어뜨리지 않으면서 주로 호버링 비행시 블레이드의 공기역학적 성능을 향상시키는 역할을 한다.

[0069] 구체적으로 말하면, 트위스트는 0.3R 내지 0.7R의 범위에서와 같이, 블레이드의 제1 구역에서 중요하고, 따라서 본질적으로 평균 익현( $\bar{C}$ ) 미만인 작은 익현을 보상하는 역할을 한다. 또한, 0.7R 내지 0.9R의 범위에서와 같이, 블레이드의 제2 구역에서의 꼬인 것을 푸는 것(untwisting)은 어드밴싱 블레이드에 관한 포워드 비행에 대해서는 유리하지만, 후퇴 플레이트에 대한 힘들의 증가를 일으킨다. 유리하게, 이러한 제2 구역에서는, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현은 본질적으로 평균 익현( $\bar{C}$ )보다 커서, 후퇴 블레이드의 공기역학적 거동을 떨어뜨리지 않으면서 이들 증가된 힘을 수용하는 것을 가능하게 한다.

[0070] 블레이드의 트위스트의 변동에 관한 관계는 구분적으로 선형일 수 있는데, 즉 섹션들(S7, S8, S9, 및 S10)로부터 선택된 섹션들의 인접한 쌍들 사이 그리고 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁 사이, 또는 블레이드의 에어포일 부분 전체에 걸쳐 비선형적일 수 있다.

[0071] 트위스팅 관계가 구분적으로 선형일 때에는, 이러한 트위스팅 관계가 직선 세그먼트들, 섹션들(S7, S8, S9, 및 S10) 중으로부터의 2개의 인접한 세그먼트들 사이의 트위스트의 세그먼트 특성화(characterizing) 변화, 그리고 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁 사이로 구성된다. 블레이드의 날개 길이를 따라 있는 트위스트의 국부적인 미분 계수인 트위스트 구배는 이들 세그먼트를 지지하는 직선의 경사도에 대응한다. 이러한 트위스트 구배는 불연속 수평선들, 인접한 섹션들 사이에 위치한 선(line), 및 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁 사이에 위치한 선에 의해 형성된다.

[0072] 또한, 트위스트 변화가 호버링 비행과 포워드 비행, 그리고 또한 익현의 변화에 관한 관계 모두와 양립 가능할 수 있게 하기 위해서는, 제7 섹션(S7)과 제8 섹션(S8) 사이에 위치한 제1 트위스트 구배가 제8 섹션(S8)과 제9 섹션(S9) 사이에 위치한 제2 트위스트 구배보다 적은 것이 바람직하고, 제2 트위스트 구배는 제9 섹션(S9)과 제10 섹션(S10) 사이에 위치한 제3 트위스트 구배보다 큰 것이 바람직하며, 제3 트위스트 구배는 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁 사이에 위치한 제4 트위스트 구배보다 적은 것이 바람직하다.

[0073] 이러한 트위스트 관계가 에어포일 부분에 걸쳐 비선형적일 때에는, 트위스트 구배가 블레이드의 전체 에어포일 부분에 걸쳐 연속적인 곡선인 것이 바람직하다. 제1 트위스트 구배는 제8 섹션(S8)의 부근에서 범위  $-25^{\circ}/R$  내지  $-15^{\circ}/R$ 에 있는 제1 플레토(plateau)에 도달하고, 제2 트위스트 구배는 제9 섹션(S9)의 부근에서 범위  $-14^{\circ}/R$  내지  $-4^{\circ}/R$ 에 있는 제2 플레토에 도달하며, 제3 트위스트 구배는 제10 섹션(S10)의 부근에서 범위  $-16^{\circ}/R$  내지  $-6^{\circ}/R$ 에 있는 제3 플레토에 도달하고, 제4 트위스트 구배는 블레이드 팁의 부근에서 범위  $-10^{\circ}/R$  내지  $0^{\circ}/R$ 에 있다.

[0074] 이러한 트위스트 관계는 6차(order 6) 이상인 베지어 곡선과 같은 다항식 곡선에 대응할 수 있다.

[0075] 제1 플레토는  $-18^{\circ}/R$ 와 같고, 제2 플레토는  $-6^{\circ}/R$ 와 같으며, 제3 플레토는  $-13^{\circ}/R$ 와 같고, 트위스트의 제4 플레토는 블레이드 팁에서  $-8^{\circ}/R$ 와 같은 것이 바람직하다.

[0076] 트위스트 변화에 관한 관계가 무엇이든지 간에, 제9 거리는 예컨대 0.35R과 같을 수 있고, 제10 거리는 0.48R과 같을 수 있으며, 제11 거리는 0.78R과 같을 수 있고, 제12 거리는 0.92R과 같을 수 있다.

[0077] 트위스트 관계는 에어포일 부분의 스타트와 블레이드 팁 사이의 블레이드의 트위스트에서의 변화만을 규정하고, 블레이드의 섹션들의 프로파일의 설정은 규정하지 않는다. 에어포일 부분의 스타트 부근에서의 블레이드의 섹션들의 프로파일의 설정은, 블레이드의 공기역학적 거동에 어떠한 직접적인 영향도 미치지 않는다. 다시 말하면, 비행시에 에어포일 부분의 스타트 부근에서 블레이드의 섹션들의 프로파일과, 에어포일 부분을 따라 존재하는 블레이드의 프로파일 전부의 설정은 컬렉티브(collective) 피치의 조정과 블레이드의 주기적(cyclic) 피치의 조정에 의

존한다. 그러므로 실제로 블레이드의 섹션들의 프로파일의 설정값이 블레이드의 주기적 피치를 조정하는 것과 컬렉티브 피치를 조정하는 것에 의해 고려되기 때문에, 블레이드의 공기역학적 거동의 특징을 지우는 것은, 트위스트의 변화이다.

[0078] 게다가, 회전축(A) 가까이에 위치한 블레이드의 구역들, 그리고 특히 회전축(A)과 제8 섹션(S8) 사이에 위치한 구역은 블레이드가 회전하는 동안 공기역학적 힘들을 거의 받지 않는다. 그러므로 회전축(A) 가까이에서는 블레이드의 공기역학적 거동에 미치는 영향이 거의 없다. 그 결과, 트위스트가 사실상 일정할 수 있거나, 블레이드의 공기역학적 성능과 거동을 상당히 변경시키지 않으면서, 에어포일 부분의 스타트와 제8 섹션(S8) 사이에서는 거의 변하지 않는다. 예를 들면, 트위스트의 변화는 에어포일 부분의 스타트와 제8 섹션(S8) 사이에서  $2^{\circ}$  이하일 수 있다.

[0079] 게다가, 블레이드는 제6 섹션(S6)에서 시작하고 블레이드 팁에서 끝나는 상반각을 포함할 수 있다. 이러한 상반각은 바람직하게는 아래쪽으로 경사져 있고, 호버링 비행시 블레이드의 공기역학적 성능을 향상시키는 역할을 한다.

[0080] 본 발명은 또한 회전익기에 관한 로터를 제공한다. 이러한 로터는 전술한 바와 같이 적어도 2개의 블레이드를 가진다. 이러한 로터는 더 구체적으로는, 회전익기에 양력 그리고 가능하게는 추진력을 제공하기 위한 회전익기의 메인 로터가 되도록 의도된다.

### 도면의 간단한 설명

[0081] 본 발명과, 본 발명의 장점은 예시를 통해, 그리고 첨부 도면을 참조하여 주어진 실시예들의 후속하는 설명으로부터 더 상세히 드러난다.

도 1 및 도 2는 본 발명의 블레이드를 도시하는 도면.

도 3은 그러한 블레이드로 만들어진 로터를 가지는 항공기를 도시하는 도면.

도 4는 블레이드의 섹션들의 프로파일의 익현의 위치 변화를 기입한 그래프.

도 5는 블레이드의 스위프의 위치 변화를 기입한 그래프.

도 6은 블레이드의 트위스트의 위치 변화를 기입한 그래프.

도 7은 블레이드의 트위스트 구배의 위치 변화를 기입한 그래프.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0082] 도면들 중 2개 이상에 나타나는 요소들에는 그들 각각에 동일한 참조 번호가 주어진다.

[0083] 도 1 및 도 2는 첫 번째로는 블레이드 스타트(2)와 블레이드 팁(9) 사이의 블레이드 축(B)을 따라, 두 번째로는 리딩 에지(6)와 트레일링 에지(7) 사이의 블레이드 축(B)에 수직인 가로축(T)을 따라 날개 길이 방향으로 연장하는 블레이드(1)를 보여준다. 블레이드(1)는 블레이드 스타트(2)와 블레이드 팁(9) 사이에 위치한 에어포일 부분(4)을 가진다. 에어포일 부분(4)은 블레이드 축(B)에 실질적으로 수직인 가로 평면에 각각 위치하는 일련의 에어포일 프로파일(15)로 구성되고, 이들 프로파일 각각은 블레이드(1)의 섹션을 규정한다. 블레이드(1)는 또한 블레이드(1)의 자유로운 끝, 즉 블레이드 팁(9)의 부근에서 상반각(5)을 가진다.

[0084] 블레이드(1)는 도 3에 도시된 것처럼, 회전익기(10)의 로터(11)를 형성하기 위한 것이다. 로터(11)는 중심축(12)과, 중심축(12)의 회전축(A)을 중심으로 회전하기 위한 5개의 블레이드(1)를 포함한다. 블레이드(1) 각각은 블레이드 스타트(2)에서 중심축(12)에 연결된다.

[0085] 로터(11)는 로터 반경(R), 즉 블레이드 축(B)을 따라 존재하는 블레이드 팁(9)과 회전축(A) 사이의 거리를 그 특징으로 한다. 블레이드(1)의 각 섹션의 프로파일(15)의 익현(c)은 블레이드 축(B)에 실질적으로 수직인 가로 평면에서 블레이드(1)의 리딩 에지(6)와 트레일링 에지(7) 사이의 최대 거리에 대응한다. 에어포일(4)에 대한 익현(c)들의 평균값으로서 평균 익현( $\bar{c}$ )이 규정된다. 블레이드 스타트(2)가 회전축(A)으로부터  $0.1R$ 과 같은 제4 거리에 위치하고, 블레이드(1)의 에어포일(4)의 스타트(3)가 회전축(A)으로부터  $0.2R$ 과 같은 제5 거리에 위치한다.

[0086] 본 발명의 블레이드(1)는 첫 번째로는 접근 비행 동안 로터(11)의 블레이드(1) 각각에 의해 생긴 소음을 감소시



키고, 두 번째로는 항공기(10)의 포워드 비행 동안 블레이드(1) 각각의 공기역학적 성능을 향상시키기 위해, 블레이드(1)의 프로필(15)들 중 블레이드의 스위프와 익현에서의 변화에 관한 관계를 결합한 것을 제공한다.

[0087] 또한, 블레이드(1)는 첫 번째로는 접근 비행 동안 로터(11)의 블레이드(1) 각각에 의해 생긴 소음을 감소시키기 위해, 그리고 두 번째로는 항공기(10)의 호버링 비행과 포워드 비행 모두에 대해 블레이드(1) 각각의 공기역학적 성능을 향상시키기 위해 블레이드의 트위스트의 변화에 관한 관계와 함께, 블레이드의 섹션들의 프로필(15)의 스위프와 익현에서의 변화에 관한 관계가 결합한 것을 역시 제공할 수 있다.

[0088] 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 익현, 스위프, 및 트위스트의 변화에 관한 관계가 도 4 내지 6에 각각 좌표로 기재되어 있다. 도 7은 블레이드(1)의 트위스트 구배를 보여주는데, 즉 로터 반경(R)의 로터(11)의 블레이드(1)의 날개 길이를 따라 존재하는 트위스트의 국부적인 미분 계수를 보여준다.

[0089] 도 4에 도시된 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)들의 익현에서의 변화에 관한 관계는, 가로 좌표축을 따라서는 로터 반경(R)에 대한 블레이드(1)의 날개 길이를 따라 존재하는 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 위치들의 비가 그려져 있고, 세로 좌표축을 따라서는 평균 익현( $\bar{c}$ )에 대한 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 익현(c)의 비가 그려져 있다.

[0090] 평균 익현( $\bar{c}$ )은 다음 공식, 즉

$$\bar{c} = \frac{\int_{R_0}^R L(r) \cdot r^2 \cdot dr}{\int_{R_0}^R r^2 \cdot dr}$$

[0092] 의 적용시 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15) 각각의 가중치를 더하는 반경의 제곱( $r^2$ )에 의해 규정되고,

[0093] 여기서 L(r)은 회전축(A)으로부터 반경(r)만큼 떨어져 위치한 블레이드(1)이 프로필의 국부적인 익현의 길이이고,  $R_0$ 는 에어포일(4)의 스타트(3)의 반경이며, R은 블레이드 팁(9)의 반경이다.

[0094] 익현에서의 변화에 관한 이러한 관계에서는, 블레이드(1)의 섹션 각각의 프로필(15)의 익현(c)은 0.85R과 같은 회전축(A)으로부터의 제1 거리에 위치하는 제1 섹션(S1)과 에어포일 부분(4)의 스타트(3) 사이에서 증가한다. 제1 섹션(S1)을 지나서는, 익현이 블레이드 팁(9)까지 감소한다. 0.6R과 같은 회전축(A)으로부터의 제6 거리에 위치한 제4 섹션(S4)과 블레이드(1)의 에어포일 부분의 스타트 사이에서 섹션(c)은 평균 익현( $\bar{c}$ )보다 적은 것을 볼 수 있다. 또한, 익현(c)은 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와 제1 섹션(S1) 사이에서 0.8  $\bar{c}$ 부터 1.2  $\bar{c}$ 까지 변하고, 이는 평균 익현( $\bar{c}$ )을 중심으로  $\pm 20\%$ 의 변동을 나타낸다. 블레이드 스타트에서의 익현은 0.3  $\bar{c}$ 와 같다.

[0095] 이후, 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 익현들은 범위 0.85R 내지 0.95R 사이에 있는 회전축(A)으로부터 제7 거리에 위치한 제5 섹션(S5)과 제4 섹션(S4) 사이의 평균 익현( $\bar{c}$ )보다 크다. 마지막으로, 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15)의 익현들은 제5 섹션(S5)을 넘어서 블레이드 팁(9)까지의 평균 익현( $\bar{c}$ )보다 적다.

[0096] 게다가, 익현(c)은 0.95R과 같은 제8 거리에 위치한 제6 섹션(S6)을 넘어서 실질적으로 포물선인 곡선을 따라 감소한다. 그러므로 블레이드(1)이 끝은 포물선 형태의 팁 캡(8)을 형성한다.

[0097] 도 5에 도시된 것처럼 블레이드(1)의 스위프에서의 변화에 관한 관계는 3개의 스위프를 규정한다. 로터 반경(R)에 걸쳐 블레이드 축(B)을 따라 존재하는 블레이드(1)의 섹션 각각의 프로필(15)의 위치의 비가 가로 좌표축을 따라 그려져 있고, 이들 프로필(15) 각각의 스위프 각도( $\alpha$ )가 세로 좌표축을 따라 그려져 있다.

[0098] 그러므로 이러한 스위프는 처음에는 에어포일 부분(4)의 스타트(3)와 0.67R과 같은 회전축(A)으로부터 제2 거리만큼 떨어져 위치한 제2 섹션(S2) 사이에서 블레이드(1)의 앞쪽으로 향하고, 그 리딩 에지(6)는 블레이드 축(B)에 대해 4°와 같은 포워드 제1 스위프 각도( $\alpha_1$ )를 형성한다. 이후, 그러한 스위프는 0.85R과 같은 회전축(A)으로부터 제3 거리에 있는 제3 섹션(S3)과 제2 섹션(S2) 사이의 블레이드(1) 앞쪽으로 향하고, 그 리딩 에지

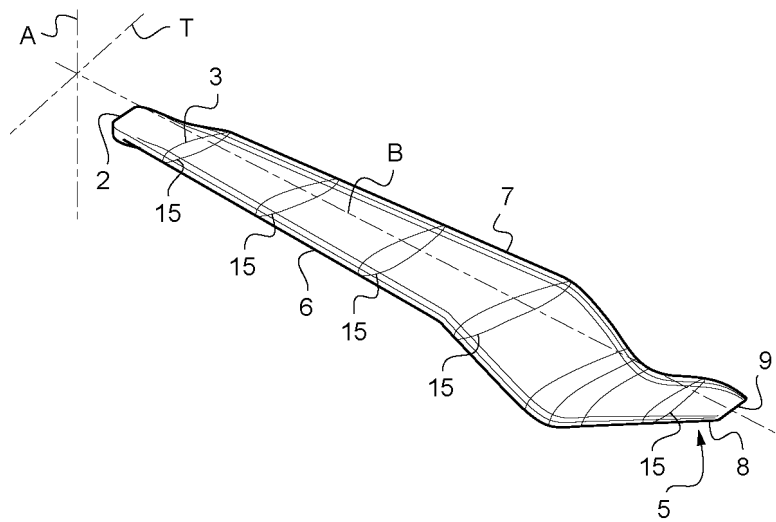
(6)는 블레이드 축(B)에 대해  $8^\circ$  와 같은 포워드 제2 스위프 각도( $\alpha_2$ )를 형성한다. 마지막으로, 스위프는 제3 섹션(S3)과 블레이드 팁(9) 사이에서 블레이드(1)의 뒤쪽으로 향하고, 그 리딩 레지(6)는 블레이드 축(B)에 대해  $-23^\circ$  와 같은 백워드 제3 스위프 각도( $\alpha_3$ )를 형성한다.

- [0099] 제1 스위프 각도, 제2 스위프 각도, 및 제3 스위프 각도 사이의 연결들 각각은 이들 연결 중 임의의 것에서 예리한 각도를 가지는 것을 회피하기 위해, 연결 반경으로 만들어지는 것이 바람직하다. 이들 연결 반경은, 예를 들면 500mm 정도의 크기를 가질 수 있다.
- [0100] 또한, 블레이드(1)는 그것의 자유로운 끝에서 아래쪽으로 향하는 상반각(5)을 가진다. 이러한 상반각(5)은 제6 섹션(S6)의 부근에서 시작하여 블레이드 팁(9)에서 끝난다. 상반각(5)은 주로 선행하는 블레이드에 의해 발생된 소용돌이의 영향을 감소시킴으로써, 호버링 비행시 블레이드(1)의 공기역학적 거동을 향상시키는 역할을 한다.
- [0101] 게다가, 호버링 비행 동안과 포워드 비행 동안 모두에서 블레이드(1)의 공기역학적 성능을 향상시키기 위해, 블레이드(1)에 프로필(15)들의 트위스트에 관한 관계가 추가될 수 있다. 도 6에 도시된 블레이드(1)의 트위스트에 관한 이러한 관계는 다항식 곡선에 대응하는 비선형 관계이다. 로터 반경(R)에 걸쳐 날개 길이를 따라 존재하는 블레이드(1)의 섹션들의 프로필(15) 각각의 위치의 비가 가로 좌표축을 따라 그려져 있고, 블레이드(1)의 섹션 각각의 프로필(15)의 트위스트 각도( $\theta$ )가 세로 좌표축을 따라 그려져 있다.
- [0102] 트위스트 구배가 도 7에 도시되어 있고, 가로 좌표축을 따라서는 로터 반경(R)에 걸친 블레이드(1)의 날개 길이를 따라 존재하는 블레이드(1)의 섹션 각각의 프로필(15)의 위치의 비를 나타내고, 프로필(15)의 트위스트의 국부적인 미분 계수를 세로 좌표축을 따라 나타내고 있다.
- [0103] 처음에는, 트위스트 각도( $\theta$ )가  $0.35R$ 과 같은 회전축(A)으로부터 제9 거리에 있는 제7 섹션(S7)과 에어포일 부분(4)의 스타트(3) 사이에서 약간만 변한다. 트위스트 각도( $\theta$ )의 변화는 제7 섹션(S7)과 에어포일 부분(4)의 스타트(3) 사이에서  $2^\circ$  미만이다. 트위스트 각도( $\theta$ )는 약간만 증가하고, 날개 길이를 따라 감소하며, 그 트위스트 구배는 에어포일 부분(4)의 스타트(3) 부근에서는 양(positive)이고, 제7 섹션(S7)의 부근에서는 음(negative)이 되도록 감소한다.
- [0104] 이후, 트위스트 각도( $\theta$ )는  $0.48R$ 과 같은 회전축(A)으로부터 제10 거리에 있는 제8 섹션(S8)과 제7 섹션(S7) 사이에서 감소하고, 그 트위스트 구배는 제8 섹션(S8)의 부근에서  $-18^\circ / R$ 와 같은 제1 플래토까지 감소한다.
- [0105] 이후, 트위스트 각도( $\theta$ )는  $0.78R$ 과 같은 회전축(A)으로부터 제11 거리에 있는 제9 섹션(S9)과 제8 섹션(S8) 사이에서 덜 감소하고, 그 트위스트 구배는 제9 섹션(S9)의 부근에서  $-6^\circ / R$ 와 같은 제2 플래토까지 증가한다. 특히, 트위스트 각도( $\theta$ )는  $0.65R$ 과 같은 회전축(A)으로부터의 거리에 있는 블레이드(1)의 프로필(15)에 관해서는  $0^\circ$  와 같다.
- [0106] 트위스트 각도( $\theta$ )는 다시  $0.92R$ 과 같은 회전축(A)으로부터 제12 거리에 있는 제10 섹션(S10)과 제9 섹션(S9) 사이에서 더 감소하고, 그 트위스트 구배는 제10 섹션(S10)의 부근에서  $-13^\circ / R$ 와 같은 제3 플래토까지 감소한다.
- [0107] 마지막으로, 제10 섹션(S10)과 블레이드 팁(9) 사이에서는 트위스트 각도( $\theta$ )가 감소하고, 그 트위스트 구배는 블레이드 팁(9)에서  $-8^\circ / R$ 와 같은 트위스트 구배까지 증가한다.
- [0108] 물론, 본 발명은 그것의 구현에 있어서 다수의 변형을 거칠 수 있다. 비록 몇몇 구현예가 설명되었지만, 모든 가능한 구현예를 빠짐없이 확인하는 것은 생각할 수 없다는 것이 바로 이해될 것이다. 본 발명의 범위를 넘어서지 않으면서 설명된 수단 중 임의의 것을 동등한 수단으로 대체하는 것을 예상하는 것도 물론 가능하다.

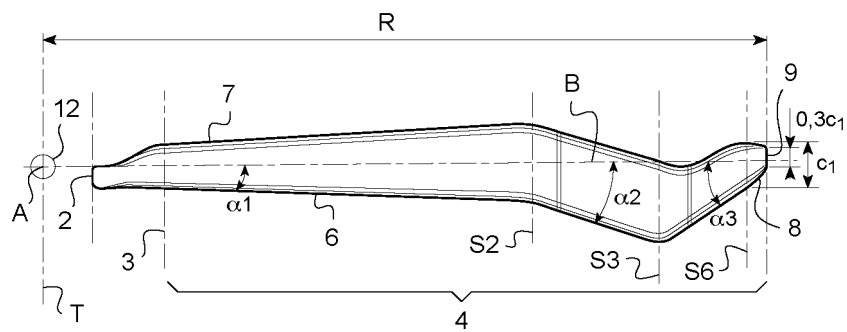


도면

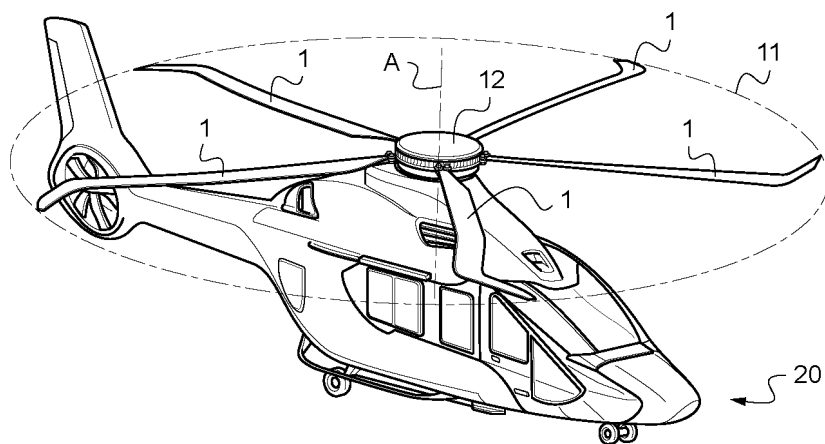
도면1



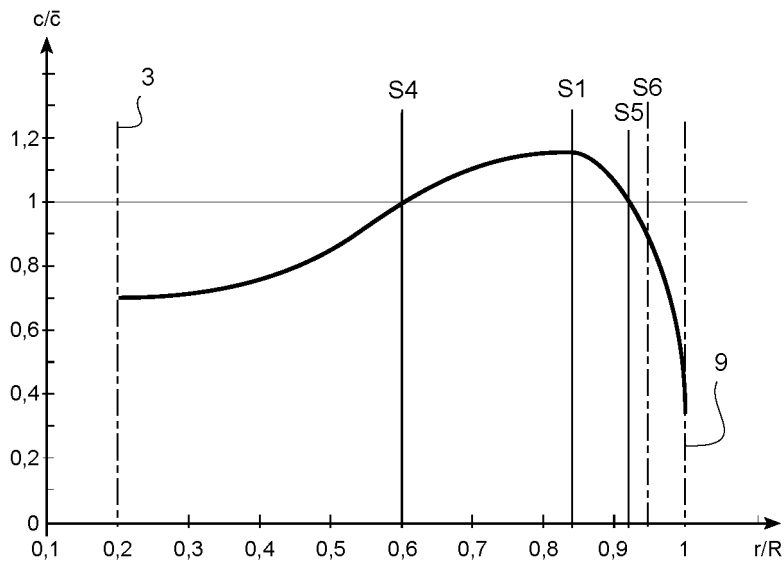
도면2



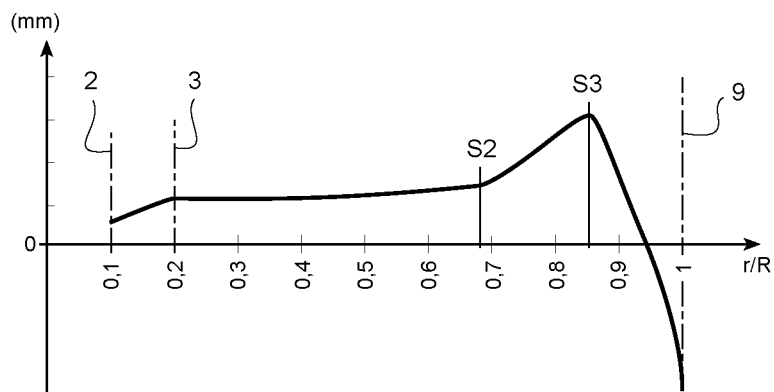
도면3



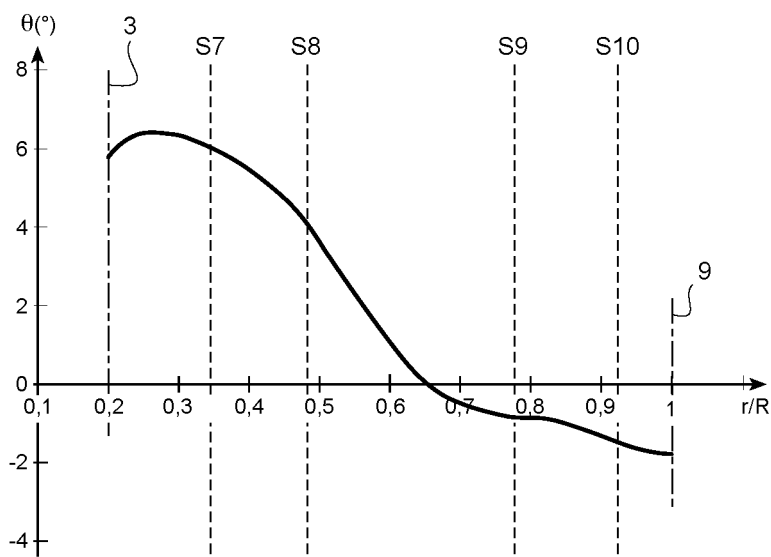
도면4



도면5



도면6



도면7

