(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0138536
(43) 공개일자 2024년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64C 11/22 (2006.01) *B29C 70/06* (2006.01)
B29C 70/42 (2006.01) *B29C 70/68* (2018.01)
F03D 1/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B64C 11/22 (2013.01)
B29C 70/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7021904
(22) 출원일자(국제) 2023년01월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월01일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/002834
(87) 국제공개번호 WO 2023/149391
국제공개일자 2023년08월10일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-015526 2022년02월03일 일본(JP)

(71) 출원인
도레이 카부시키가이샤
일본국 도오교오도 쥬우오오구 니혼바시 무로마찌 2쪼메 1-1
(72) 발명자
미츠츠지 유키
일본국 아이치켄 나고야시 미나토쿠 오에쵸 9-1 도레이 카부시키가이샤 나고야 지교죠 나이
하세가와 와타루
일본국 아이치켄 나고야시 미나토쿠 오에쵸 9-1 도레이 카부시키가이샤 나고야 지교죠 나이
히라노 노리유키
일본국 아이치켄 나고야시 미나토쿠 오에쵸 9-1 도레이 카부시키가이샤 나고야 지교죠 나이
(74) 대리인
하영욱

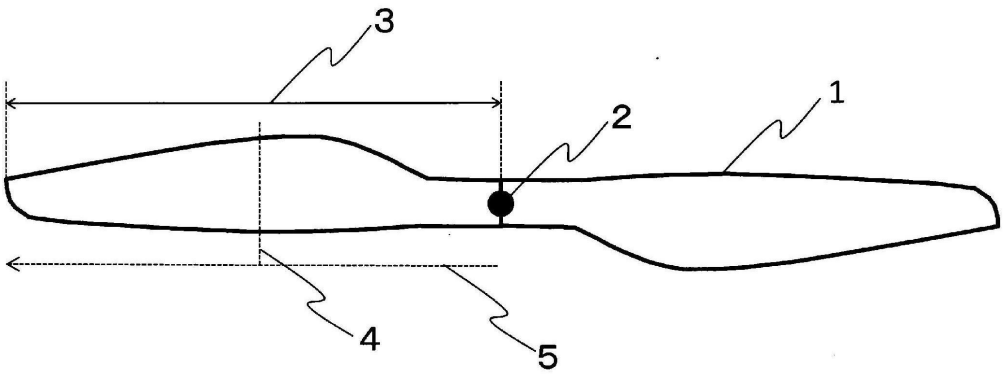
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **회전익**

(57) 요 약

본 발명은 경량성, 강성, 피로 특성, 치수 정밀도가 우수하고, 특히 피로 특성, 즉 내구성이 우수한 회전익을 제공하는 것을 과제로 하고, 적어도 회전익의 표층인 스킨을 구성하는 하기 구성 요소[A] 및 상기 스킨의 내부인 코어를 구성하는 하기 구성 요소[B]를 포함하고, 적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있는 회전익인 것을 본지로 한다. 구성 요소[A]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재 구성 요소[B]: 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체이며, 상기 강화 섬유는 질량 평균 섬유 길이가 1mm 이상 15mm 이하이며, 상기 수지를 개재해서 결합함으로써 공극을 형성하고 있는 다공질체.

대 표 도



(52) CPC특허분류
B29C 70/42 (2013.01)
B29C 70/68 (2013.01)
F03D 1/0675 (2023.08)
Y02T 50/60 (2020.08)

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 회전익의 표층인 스킨을 구성하는 하기 구성 요소[A] 및 상기 스킨의 내부인 코어를 구성하는 하기 구성 요소[B]를 포함하고, 적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있는, 회전익.

구성 요소[A]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재

구성 요소[B]: 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체이며, 상기 강화 섬유는 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하이다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[A]와는 두께가 상이한 보강층으로서 하기 구성 요소[C]가 배치되어 있고, 상기 보강층이 중앙축과 회전익의 선단부까지의 구간에 대하여 적어도 회전익의 길이 방향으로 50% 이상 배치되어 있고, 두께가 상이한 단차부를 따라 구성 요소[B]가 앵커링되어 있는, 회전익.

구성 요소[C]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 전방 가장자리부와 후방 가장자리부를 각각 5㎜ 제외하고, 날개를 형성하는 최외측으로부터 0.05~10㎜의 범위에서 균일하게 외층을 깎았을 때에, 구성 요소[B]에는 0.1㎜ 이상의 절개부가 적어도 회전익의 길이 방향으로 50% 이상 있고, 상기 절개부에는 구성 요소[A]가 침입하고 있는, 회전익.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 전방 가장자리부와 후방 가장자리부를 각각 5㎜ 제외하고, 날개를 형성하는 최외측으로부터 0.05~10㎜의 범위에서 균일하게 외층을 깎았을 때에, 구성 요소[B]에는 0.05㎜ 이상의 깊이 또는 높이를 가진 요철부가 적어도 회전익의 길이 방향으로 50% 이상 있고, 상기 요철부에는 구성 요소[A]가 침입하고 있는, 회전익.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[B]의 다공질 부분의 평균 공극률이 10체적% 이상 97체적% 이하의 범위이며, 또한 적어도 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선에 직교하는 면에 의해, 체적이 동일해지도록 3분할했을 때의 각 부분의 다공질부의 평균 공극률에 있어서, 가장 큰 평균 공극률과 가장 작은 평균 공극률이 3체적% 이상 상이한, 회전익.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 추가로 구성 요소[A]를 잇는 연속부를 이루고 있는 구성 요소[D]를 갖는 것을 특징으로 하는, 회전익.

구성 요소[D]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 구성 요소[D]에 있어서, 회전익의 스킨을 구성하는 구성 요소[A]와의 접합부는 연속해서 두께가 변화하고 있고, 상기 두께가 변화하는 각도 R이 반경 1~100㎜로 형성되어 있고, 상기 각도 R에 의해 형성되는 형상을 따라 구성 요소[B]가 앵커링되어 있는, 회전익.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 적어도 1㎜를 초과하는 중공부를 갖는, 회전익.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 중공부에는 추가로 구성 요소[E]의 내부 보강층이 배치되어 있는, 회전익.

구성 요소[E]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

구성 요소[B]를 구성하는 강화 섬유가 대략 모노필라멘트 형상이며, 상기 다공질체 중에 랜덤으로 분산되어 있는, 회전익.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

구성 요소[B]의 굽힘 탄성률을 Ec, 밀도를 ρ로 했을 때, $Ec^{1/3} \cdot \rho^{-1}$에 의해 나타내어지는 비굽힘 강성이 3 이상 20 이하의 범위 내인, 회전익.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

구성 요소[B]를 구성하는 강화 섬유의 일부가 구성 요소[A]의 일부에 관통하고 있고, 최대 관통 길이가 5㎛ 이상인, 회전익.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재된 회전익을 사용한, 에어 모빌리티.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 회전익 항공기나 프로펠러 구동의 고정익 항공기나 풍차 등에 적합하게 사용할 수 있는 회전익에 관한 것으로, 보다 상세하게는 연속 섬유 기재로 이루어지는 스킨과, 특정 코어를 갖는 회전익에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 항공기 등 하늘의 수송 수단에 있어서, 경량화는 항속 가능 거리에 직결되기 때문에 중요한 과제이다. 또한, 기체의 경량화에 있어서, 비행을 구동하는 구동원으로서 사용되는 회전익(블레이드라고도 부른다)에 있어서는, 경량화에 추가해서, 날개의 복잡한 형상을 정밀하게 성형하는 높은 치수 정밀도가 요구되고, 또한 고속으로 회전

하는 점에서 내구성도 중요시된다.

[0003] 특허문헌 1에 있어서는, 탄소 섬유에 열경화성 수지가 함침한 표피에 발포체를 포함하는 코어부를 갖는 회전익이 예시되어 있다. 코어로서 멜라민 수지 발포체를 사용하고, 표피로서 2축 이상의 탄소 섬유 직물에 열경화성 수지를 함침한 기재를 사용하여, 질량의 편차를 억제한 회전익을 제안하고 있다.

[0004] 특허문헌 2에 있어서는, 강화 섬유에 수지를 함침시킨 강화 섬유 기재(소위 프리프레그)를 겹치고, 형성되는 내부 공간에 발포제를 배치하고, 발포제를 가열, 팽창시킴으로써 복합재 날개를 제조하는 방법이 예시되어 있다. 경화 온도와 발포 온도를 제어함으로써, 치수 정밀도, 및 품질이 높은 복합재 날개를 제안하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 특허공개 2022-9927호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허공개 2019-1024호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 전술한 바와 같이, 회전익은 복잡한 형상이면서, 경량성과 함께 정밀도가 높은 치수 정밀도가 요구되고 있지만, 수지로 이루어지는 발포체를 코어재로 사용한 회전익에서는 경량성을 담보할 수 있어도, 성형 시에 치수 정밀도가 저해되는 경우나, 강성이 부족한 결과, 피로 특성이 열등하여, 회전익으로서 사용 가능한 기간이 상정보다 하회하는 경우가 있었다.

[0007] 또한, 발포제를 적용한 회전익에서는 성형에 있어서 외층의 치수 정밀도가 얻어졌다고 해도, 내부 보강재를 사용하는 경우에는 높은 위치 정밀도로 성형하는 것이 어려운 경우가 있고, 밸런스 조정을 할 수 없는 경우가 있다. 또한, 결과로서 제조되는 회전익의 코어재는 수지 발포체이기 때문에, 회전익으로서는 강성이 부족하거나 한 결과, 피로 특성이 열등하여, 회전익으로서 사용 가능한 기간이 상정보다 하회하는 경우가 있었다.

[0008] 그래서, 본 발명에서는 경량, 또한 강성이 높고, 치수 정밀도가 우수함으로써 피로 특성, 내구성이 우수한 회전익을 제공하는 것을 과제로 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 회전익은 적어도 회전익의 표층인 스킨을 구성하는 하기 구성 요소[A] 및 상기 스킨의 내부인 코어를 구성하는 하기 구성 요소[B]를 포함하고, 적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있는 회전익이다.

[0010] 구성 요소[A]: 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재

[0011] 구성 요소[B]: 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체로서, 상기 강화 섬유는 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하인 다공질체.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 의한 회전익은 코어로서 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체임으로써, 경량, 또한 강성이 우수하고, 치수 정밀도가 우수한 점에서, 피로 특성, 내구성이 우수한 회전익을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 회전익의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 2는 본 발명의 회전익의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 3은 보강층을 갖는 본 발명의 회전익의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 4는 절개부를 갖는 본 발명의 회전익의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 5는 절개부의 배치의 일례를 나타내는 상면으로부터의 투시도이다.

도 6은 본 발명의 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이며, (a)는 회전익의 횡단면도, (b)는 회전익의 전방 가장자리부와 후방 가장자리부를 지나고, 상기 횡단면에 대략 직교하는 면의 단면도이다.

도 7은 빔부를 갖는 본 발명의 회전익의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 8은 빔부와 스킨부의 접합부를 확대한 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 9는 코어부에 중공부를 갖는 본 발명의 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 10은 중공부와 보강층을 갖는 본 발명의 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 11은 중공부와 빔부를 갖는 본 발명의 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 12는 다양한 형상의 중공부를 갖는 본 발명의 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 13은 본 발명의 회전익에 있어서의 코어와 스킨의 앵커링부의 일례를 나타내는 모식도이다.

도 14는 본 발명에 있어서의 코어부의 일례를 나타내는 모식도이다.

도 15는 코어부에 형성된 절개부 혹은 요철부를 설명하는 단면도이며, (a)는 절개부의 예, (b)는 오목부의 예, (c)는 볼록부의 예이다.

도 16은 본 발명에 의한, 요철부가 구성 요소[B]에 형성된 회전익의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 17은 본 발명에 의한, 절개부가 구성 요소[B]에 형성된 회전익의 일례를 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명의 회전익에 대해서 상세하게 설명한다.

[0015] 본 발명의 회전익은 적어도 회전익의 표층인 스킨을 구성하는 후술하는 구성 요소[A] 및 상기 스킨의 내부인 코어를 구성하는 후술하는 구성 요소[B]를 포함하고, 적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되도록 구성된 회전익이다.

[0016] 또한, 본 발명의 회전익은 그 회전축과 상기 회전축에 직교하고 각 날개의 선단을 지나는 직선에 수직인 단면을 보았을 때, 적어도 상기 회전축과 날개 선단을 연결하는 선분의 중점에 있어서, 표층을 이루는 스킨부와, 상기 스킨부에 의해 덮인 코어부를 갖는 구조를 갖고, 상기 스킨부는 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재에 의해 구성되고, 상기 코어부는 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하인 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체에 의해 구성되어 있는 회전익이다.

[0017] 또한, 바람직한 형태에서는, 본 발명의 회전익은 도 3, 도 7이나 도 11에 나타내는 바와 같이 추가로 스킨부와 코어부를 보강 또는 지지하기 위해서, 스킨부의 코어부가 설치된 측에 보강부를 갖고 있고, 상기 보강부는 바람직하게 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재에 의해 구성되어 있다. 또한, 본 발명의 회전익은 도 7의 18에 나타내는 바와 같이 스킨부 사이를 접속하는 부재가 배치되어 있어도 좋고, 상기 부재는 바람직하게, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재에 의해 구성되어 있다. 또한, 회전익 전체의 중심 밸런스를 조정하기 위해서, 도 11, 도 12에 나타내는 바와 같이 코어부에 중공부를 형성해도 좋다.

[0018] 즉, 본 발명의 회전익에 있어서 「구성 요소 A」란, 스킨부를 구성하는 부재이며, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재로 이루어지는 것을 말하고, 「구성 요소 B」란, 코어부를 구성하는 부재이며, 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하인 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체로 이루어지는 것을 말하고, 「구성 요소 C」란, 보강부를 구성하는 부재이며, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재로 이루어지는 것을 말하고, 「구성 요소 D」란, 코어부를 관통해서 스킨부 사이를 연결하는 부재(편의적으로 「빔부」라고 칭한다)이며, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재로 이루어지는 것을 말한다. 이하, 스킨부, 코어부, 보강부, 빔부의 각각을 설명하면서, 본 발명의 회전익에 대하여 설명한다.

[0019] 여기서, 도 1은 회전익에 있어서의 일례를 나타내는 평면도이다. 회전익은 통상 2~6매가 접합되어, 소위 프로

펠러를 구성하고 있고, 도 1은 2매의 회전익을 결합한 프로펠러를 나타내는 것이다. 또한, 본 발명에서는 특별히 예시하지 않으면, 회전익의 1매, 즉 도 1에서 나타내는 평면도에 있어서는, 편측 절반을 회전익이라고 부르는 것으로 한다. 또한, 특별히 예시하지 않으면, 회전할 때의 중앙축(회전축이라고도 한다)과 상기 중앙축부터 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙, 즉 중앙축과 회전익 선단부의 중점(中點)에 있어서의 횡단면에 있어서의 설명을 하는 것이다.

[0020] 회전익은 도 1의 2에 나타내는 중앙축을 중심으로 해서 회전시킴으로써, 공기에 가속도를 주어 추진력을 얻고 있다. 여기서 말하는 중앙축이란, 회전의 중심축을 말한다. 또한, 중앙축부터 회전익의 선단까지의 거리는 도 1의 3에 나타내지만, 회전익의 선단은 중심축을 기점으로 해서, 중앙축부터 선단부까지를 직선으로 연결한 경우에 가장 떨어진 위치를 선단부로 한다. 또한, 중앙축의 기점은, 특별히 정의하지 않으면, 회전익의 근원인 부착부의 두께의 중앙을 기점으로 한다.

[0021] 다음으로, 도 2에는, 상기 서술한 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리에 있어서, 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙의 횡단면의 일례를 나타낸다. 또한, 여기서 말하는 횡단면은, 앞서 설명한 중앙축과 회전익의 선단부까지를 직선으로 연결했을 때에 상기 직선에 직교하는 단면을 말한다.

[0022] 또한, 본 발명의 회전익은, 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 스킨을 구성하는 구성 요소[A]와 스킨의 내부인 코어를 구성하는 구성 요소[B]를 포함하고, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있다. 여기서 말하는 내포되어 있다란, 구성 요소[B]가 회전익의 표면에 노출되어 있지 않은, 즉 상기 횡단면에 있어서 회전익의 외표면에 대응하는 부분 모두가 구성 요소[A]로 구성된 상태를 나타내는 것으로 한다. 구성 요소[B]는 다공질체인 점에서, 노출되어 있을 경우에는 사용 시에 비 등의 물을 포함함으로써, 회전익으로서의 경량성을 담보할 수 없는 경우가 있다.

[0023] 또한, 회전익은 통상 효율적인 추진력을 얻기 위해서, 회전익의 기부부터 선단부까지 횡단면의 형상이 연속해서 변화하고 있는 형상이다. 그 때문에, 상기 서술한 바와 같이, 적어도 회전할 때의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리의 중앙에 있어서의 횡단면에 있어서, 회전익은 스킨을 구성하는 구성 요소[A]와 스킨의 내부인 코어를 구성하는 구성 요소[B]를 포함하고, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있는 구성이지만, 회전익의 선단부는 코어부를 갖지 않는 경우가 있지만, 회전익의 길이 방향의 전역에 걸쳐, 횡단면에 있어서, 스킨을 구성하는 구성 요소[A]와 스킨의 내부인 코어를 구성하는 구성 요소[B]를 포함하고, 구성 요소[B]는 구성 요소[A]에 내포되어 있는 구성이어도 좋다.

[0024] 구성 요소[B]가 구성 요소[A]에 내포되어 있는 부분은, 중앙축과 회전익의 선단부까지의 길이를 100%로 했을 때, 바람직하게는 50% 이상에 상당하는 길이의 부분을 이루고 있고, 보다 바람직하게는 70% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상을 이루고 있다.

[0025] 구성 요소[B]가 구성 요소[A]에 내포되어 있는 구성인 도 2의 구성을 중앙축과 회전익의 선단부까지의 길이를 100%로 했을 때에 50% 이상에 상당하는 길이의 부분을 이룬 구성으로 함으로써, 경량성과 높은 치수 정밀도의 회전익을 얻을 수 있기 때문에 바람직하다.

[0026] 또한, 회전익은 통상 허브로 불리는 중앙축의 부착부에 부착하지만, 부착부는 금속 볼트 등에 의해 접합되는 경우가 많기 때문에, 회전익의 기부는 스킨-코어 구조일 필요성은 반드시 없고, 다공질 구조를 갖지 않는 섬유 강화 복합 재료로 구성되어 있어도 좋고, 중앙축에의 접합용의 금속 부재가 일체로 되어 성형되어 있어도 좋다.

[0027] 또한, 본 발명의 회전익은 추가로 스킨부와 코어부를 보강 또는 지지하기 위해서, 스킨부의 코어부가 설치된 측에 보강부를 갖고 있어도 좋고, 상기 보강부는 바람직하게, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재에 의해 구성되어 있다. 상기 보강부는 중앙축과 회전익의 선단부까지의 길이를 100%로 했을 때, 50% 이상에 상당하는 길이의 부분에 배치되고, 두께가 상이한 단차부를 따라 구성 요소[B]가 앵커링되어 있는 것이 바람직하다.

[0028] 보강부는 회전익으로서의 강성을 향상시킬 수 있기 때문에, 회전익에 배치되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 회전익으로서의 강성을 향상시킬 목적으로서, 보강부는 도 1의 5에 나타내는 회전익의 길이 방향의 길이를 100%로 했을 때, 50% 이상에 상당하는 길이의 부분에 배치되는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 60% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상인 것이 바람직하다. 보강부가 길이 방향으로 50% 이상에 걸쳐 배치됨으로써, 회전익으로서의 강성이 높고, 높은 내구성을 얻을 수 있기 때문에 바람직하다.

[0029] 또한, 구성 요소[C]의 두께로서는, 스킨의 두께를 Ts로 했을 때에, Ts×0.1~5가 예시된다. 경량성과 강성의 밸

런스에 의해 선택할 수 있지만, Ts×0.2~3이 보다 바람직하고, Ts×0.3~2이면 더욱 바람직하다.

[0030] 또한, 구성 요소[C]에 포함되는 강화 섬유는 길이 방향의 강성을 향상시키는 관점에서, 연속한 강화 섬유인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 길이 방향을 0° 로 하고, 연속한 강화 섬유는 0° 방향으로 적층되는 것이 바람직하다.

[0031] 도 3의 10에 나타내는 바와 같이, 구성 요소[C]를 배치했을 때에 구성 요소[A]와 접합한 부분에는 단차가 형성되지만, 구성 요소[C]가 구성 요소[A]에 접합됨으로써 생기는 단차는 연속해서 두께가 변화하고 있는 것이 바람직하다. 또한 단차부를 따라 구성 요소[B]가 앵커링되어 있는 것이 바람직하다.

[0032] 후술하지만, 구성 요소[B]는 강화 섬유를 포함함으로써 경량 또한 강성이 높은 다공질체이기 때문에, 성형 시에 구성 요소[C]를 정밀도 높게 지지하는 것이 가능하고, 매우 높은 치수 정밀도로 회전익을 제조할 수 있다. 또한, 단차부도 포함해서 구성 요소[B]와 앵커링되어 있음으로써, 연속 사용했을 때에 보강층을 강고하게 지지할 수 있기 때문에, 비약적으로 높은 피로 특성을 얻을 수 있다. 또한, 여기서 말하는 앵커링이란, 후술하는 바와 같이, 구성 요소[B]의 강화 섬유가 구성 요소[A]에 5㎛ 이상 관통하고 있는 상태를 말한다.

[0033] 또한, 본 발명의 회전익에 있어서, 구성 요소[B]에는, 회전익의 전방 가장자리부로부터 5㎜ 및 후방 가장자리부로부터 5㎜에 대응하는 부분 이외의 부분에 있어서, 깊이 0.1㎜ 이상의 절개부 혹은 요철부가, 회전익의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 길이를 100%로 했을 때 50% 이상에 상당하는 길이의 부분에 있고, 상기 절개부 혹은 상기 요철부에는 구성 요소[A]가 침입하고 있는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 70% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상이다.

[0034] 도 4에 구성 요소[B]에 절개부가 형성된 회전익의 일례를 나타내지만, 도 4의 12에 나타내는 절개부의 깊이는 0.5㎜ 이상 2㎜ 이하인 것이 보다 바람직하다. 또는, 요철부의 높이 혹은 깊이는 0.05㎜ 이상인 것이 바람직하다. 절개부의 깊이가 2㎜를, 오목부의 깊이, 혹은 볼록부의 높이가 2㎜를 초과하면 다공질체의 굽힘 탄성률이 저하하는 경우가 있다. 또한, 절개부 혹은 요철부에는 구성 요소[A]가 침입하고 있는 것이 바람직하기 때문에, 절개부의 깊이가 0.5㎜ 이상, 요철부의 깊이는 0.05㎜ 이상인 것이 바람직한 절개부 혹은 요철부가 있고, 절개부 혹은 요철부에 구성 요소[A]가 침입하고 있음으로써, 구성 요소[B]와 구성 요소[A]의 밀착성이 보다 담보되어, 회전익을 사용했을 때의 내구성을 비약적으로 향상시킬 수 있다. 절개부의 깊이가 0.5㎜, 요철부의 깊이가 0.05㎜ 이하이면 구성 요소[A]의 밀착성이 저하하고, 절개부의 깊이가 2㎜ 이상, 혹은 요철부의 깊이가 0.5㎜ 이상인 경우, 구성 요소[A]의 침입량이 부족하여, 수지 리치 혹은 공극이 생겨, 기계 특성이 저하하는 경우가 있다.

[0035] 여기서, 본 발명에 있어서의 절개부란, 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 밀착성의 관점에서 도 15(a)에 나타내는 바와 같이 표면으로부터 깊이 방향을 향해서 서서히 폭이 좁아지는 구조인 것을 보다 바람직하게 예시할 수 있다. 단, 구성 요소[A]의 유동성 혹은 구성 요소[B]의 내구성의 관점에서 도 15(b), 도 15(c)와 같은 요철부쪽이 구성 요소[A]가 침입하기 쉽고, 수지 리치부나 응력 집중부를 형성하기 어렵다. 구성 요소[A] 및 구성 요소[B]의 유동성·강성을 감안하여, 선택적으로 절개부 혹은 요철부를 형성할 수 있다. 또한, 이때에 길이 방향을 따라 직선 형상으로 배치되어 있어도 좋고, 전방 가장자리, 후방 가장자리 중 어느 하나의 형상을 따라 곡선 형상으로 배치되어 있어도 좋지만, 형상을 따라 곡선 형상으로 배치되어 있는 편이 보다 밀착성을 담보할 수 있기 때문에 바람직하다.

[0036] 도 5에는 길이 방향으로 배치되는 절개부의 일례를 나타낸다. 절개부는 반드시 직선 형상으로 형성할 필요는 없으므로, 절개부의 길이는 회전익의 중앙축과 회전익의 선단부까지의 길이를 100%로 했을 때, 절개부의 실제의 길이로서는 100%를 초과하는 경우도 있다. 또한, 절개부는 1개여도 좋고, 복수개여도 좋다. 접착성의 관점에서는 복수개 형성하는 것이 바람직하다. 단, 절개부가 지나치게 많으면 다공질체의 굽힘 탄성률 저하로 이어지기 때문에, 절개부의 총체적은 회전익의 체적 전체의 5% 이하인 것이 바람직하다.

[0037] 한편, 요철부를 형성한 경우에는, 도 15(b)나 도 15(c)에 나타내는 바와 같이, 구성 요소[B]의 오목부 안이나 볼록부 사이로 구성 요소[A]가 침입하고, 앵커링함으로써 구성 요소[B]와 구성 요소[A]의 밀착성이 보다 담보되어, 회전익을 사용했을 때의 내구성을 비약적으로 향상시킬 수 있다.

[0038] 요철부의 형상에는 특별히 한정은 없지만, 딤플과 같이 연속적인 곡면이 되는 것이 바람직하다. 급격한 곡률 변화나 사각형과 같은 각부가 있으면, 수지 리치나 응력 집중에 의해 피로 특성의 저하로 이어진다.

[0039] 다음으로, 구성 요소[B]는 다공질인 바, 상기 다공질의 평균 공극률이 10체적% 이상 97체적% 이하의 범위인 것이 바람직하다. 또한, 날개단부터 근원의 중간에 있어서, 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선에 직

교하는 면으로, 또한 체적이 균등해지도록, 3분할했을 때의 각 부분의 다공질부의 평균 공극률에 있어서, 가장 큰 평균 공극률과 가장 작은 평균 공극률이 3체적% 이상 상이한 것이 바람직하다.

[0040] 여기서, 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선은, 도 6(a)의 16으로 나타내어지고, 상기 직선에 직교하는 단면으로서는 도 6(a)의 부호 17로 나타내는 면이며, 3분할은 상기 단면에 평행한 면(도 6(b)의 부호 34를 참조)으로 행하는 것이다.

[0041] 특히는, 상기 3분할된 구성 요소[B]의 다공질부에 있어서, 도 6의 16으로 나타내는 단면을 따라, 폭 10㎜(즉, 두께로서 10㎜)의 범위에서 샘플링했을 때의 체적 함유율로서, 중앙의 부분이 되는 상기 3분할된 부분(도 6(b)에서는 부호 34의 면으로 사이에 두어진 부분)과 다른 상기 3분할된 부분에 있어서의 다공질부의 평균 공극률이 3체적% 이상 상이한 것이 바람직하다.

[0042] 중앙의 부분이 되는 상기 3분할된 부분의 평균 공극률이 높음으로써, 강성을 유지하면서, 경량화에 공헌할 수 있고, 또한 회전익을 회전시켰을 때의 밸런스가 잡기 쉬움으로써, 내구성을 향상시키기 쉽기 때문에 바람직하다.

[0043] 또한, 상기 3분할된 부분 중 적어도 중앙의 부분이 되는 부분에 있어서 두께 방향으로 공극률을 관측했을 때, 구성 요소[A]에 접하는 측의 공극률이 낮고, 중앙부에서 관측되는 공극률이 높은 편이 바람직하다. 그 차로서는, 바람직하게는 4체적% 이상이다. 구성 요소[A]에 가까운 부분의 공극률이 낮음으로써, 보다 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 앵커링성을 높일 수 있기 때문에 바람직하다.

[0044] 또한, 본 발명의 회전익은 구성 요소[D]가 구성 요소[A]를 잇는 연속부를 형성하고 있는, 즉 본 발명의 회전익은 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재로 이루어지는 빔부를 갖고 있는 것이 바람직하다.

[0045] 또한, 구성 요소[D]는 구성 요소[A]와 직접 이어져 있어도 좋고, 다른 부재, 예를 들면 구성 요소[C]를 개재해서 이어져 있어도 좋다. 도 7의 18로 빔부의 일례를 나타내지만, 스킨부를 연속해서 이음으로써, 회전익의 강성을 비약적으로 높일 수 있다.

[0046] 또한, 빔부의 두께(연속 섬유 기재가 시트 형상인 경우에는 시트의 두께, 봉 형상인의 경우에는 봉의 굵기)로서는, 스킨의 두께를 Ts로 했을 때에 Ts×0.1~5가 예시된다. 경량성과 강성의 밸런스에 의해 선택할 수 있지만, Ts×0.2~3이 보다 바람직하고, Ts×0.3~2이면 더욱 바람직하다.

[0047] 또한, 보강층은 길이 방향의 강성을 향상시키는 관점에서, 연속 섬유인 것이 바람직하고, 길이 방향을 0° 로 하고, 섬유는 0° 방향으로 적층되는 것이 보다 바람직하다.

[0048] 또한, 도 8의 20으로 일례를 나타내는 바와 같이 구성 요소[D]와 구성 요소[A]가 이어져 있는 개소는 그 주위가 보강재에 의한 보강이 되어 있고, 상기 보강재의 부여량은 구성 요소[D]로부터 멀어짐에 따라 서서히 감소하고 있는 것이 바람직하다. 보강재의 부여량이 구성 요소[D]로부터 멀어짐에 따라 서서히 감소함으로써 하중을 빔부에 효율적으로 전달할 수 있기 때문에 바람직하다. 또한, 구성 요소[D]와 구성 요소[A]가 이어져 있는 개소에 있어서의 구성 요소[D]와 구성 요소[A]가 이루는 각도가 최소가 되는 면을 잘라냈을 때, 보강재가 이루는 곡면의 곡률 R은 반경 1~100㎜인 것이 바람직하다. 곡률 R이 반경 1㎜ 이상이면 하중을 빔부에 효율적으로 전달할 수 있고, 100㎜ 이하에서는 회전익으로서의 질량이 커지는 경우가 있다. 보다 바람직하게는 1.5~50㎜, 더욱 바람직하게는 2~20㎜를 들 수 있다.

[0049] 또한, 구성 요소[B]는 구성 요소[D]에 대하여도 앵커링되어 있는 것이 바람직하다. 후술하지만, 구성 요소[B]는 강화 섬유를 포함함으로써 경량 또한 강성이 높은 다공질체이기 때문에, 성형 시에 빔부를 정밀도 높게 지지하는 것이 가능하고, 매우 높은 치수 정밀도로 회전익을 제조할 수 있다.

[0050] 또한, 구성 요소[D], 구성 요소[A]와 구성 요소[D]의 접합부 모두 구성 요소[B]와 앵커링되어 있음으로써, 연속 사용했을 때에 빔부를 강고하게 지지할 수 있기 때문에, 비약적으로 높은 피로 특성을 얻을 수 있다.

[0051] 또한, 본 발명의 회전익은 구 상당 평균 지름이 1㎜를 초과하는 중공부를 갖는 것이 바람직하게 예시된다.

[0052] 도 9에는 중공부를 갖는 회전익의 일례를 나타내지만, 중공부를 가짐으로써 경량화를 달성할 수 있을 뿐만 아니라, 질량의 밸런스 조정도 가능하므로 바람직하다.

[0053] 상기 서술한 바와 같이, 구성 요소[B]는 다공질체이기 때문에, 경량이면서 강성을 높일 수 있고, 성형 시에 중공부를 설치하는 위치를 정밀도 높게 제어하는 것이 가능하여, 매우 높은 질량 정밀도로 회전익을 제조할 수 있

다.

[0054] 또한, 도 9의 22로 나타내는 바와 같이, 중공부에 있어서 중공부를 형성하는 면에는 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재가 배치되어 있는(이러한 중공부를 형성하는 면에 배치된 연속 섬유 기재를 「구성 요소[E]」라고 한다), 즉 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재에 의해 중공부가 구획되어 있는 것이 바람직하다.

[0055] 구성 요소[E]가 배치되어 있음으로써, 회전익으로서의 강성을 더욱 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 회전익에 물이 침입했을 때에, 구성 요소[B]의 다공질 부분에의 흡수를 방지시킬 수 있어, 회전익으로서의 내구성이 비약적으로 향상되기 때문에 바람직하다.

[0056] 또한, 구성 요소[E]를 구성하는 연속 섬유 기재의 두께로서는, 스킨의 두께를 Ts로 했을 때에 Ts×0.1~5가 예시된다. 경량성과 강성의 밸런스에 의해 선택할 수 있지만, Ts×0.2~3이 보다 바람직하고, Ts×0.3~2이면 더욱 바람직하다.

[0057] 또한, 구성 요소[E]를 구성하는 연속 섬유 기재는 길이 방향의 강성을 향상시키는 관점에서, 연속 섬유가, 길이 방향을 0° 로 하고, 0° 방향으로 적층되는 것이 보다 바람직하다.

[0058] 도 10에는 중공부와 구성 요소[C]를 갖는 회전익의 일례를 나타내고, 도 11에는 중공부와 구성 요소[D]를 갖는 회전익의 일례를 나타내고 있다. 또한, 도 12에는 다양한 형상의 중공부를 갖는 회전익에 있어서의 횡단면의 일례를 나타내지만, 중공부는 원형상, 다각형이어도 좋고, 다각형에서는 각을 모따기해도 좋다.

[0059] 이하, 각 구성 요소에 대해서 상세하게 설명한다.

[0060] 구성 요소[A]는 스킨부를 구성하는 부재이며, 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재로 이루어진다. 강화 섬유에 사용할 수 있는 종류에는 특별히 제한은 없고, 예를 들면 알루미늄 섬유, 황동 섬유, 스테인리스 섬유 등의 금속 섬유, 폴리아크릴로니트릴(PAN)계 탄소 섬유, 레이온계 탄소 섬유, 리그닌계 탄소 섬유, 피치계 탄소 섬유 등의 탄소 섬유(흑연 섬유를 포함한다), 유리 섬유 등의 절연성 섬유, 아라미드 섬유, 폴리파라페닐렌벤즈옥사졸(PBO) 섬유, 폴리페닐렌술파이드 섬유, 폴리에스테르 섬유, 아크릴 섬유, 나일론 섬유, 폴리에틸렌 섬유 등의 유기 섬유, 실리콘카바이드 섬유, 실리콘나이트라이드 섬유 등의 무기 섬유를 들 수 있다.

[0061] 또한, 이들 섬유에 표면 처리가 실시되어 있는 것이어도 좋다. 표면 처리로서는, 도전체인 금속의 피착 처리 외에, 커플링제에 의한 처리, 사이징제에 의한 처리, 결속제에 의한 처리, 첨가제의 부착 처리 등이 있다.

[0062] 또한, 이들 강화 섬유는 1종류를 단독으로 사용해도 좋고, 2종류 이상을 병용해도 좋다.

[0063] 그 중에서도, 경량화 효과의 관점에서, 비강도, 비강성이 우수한 PAN계 탄소 섬유, 피치계 탄소 섬유, 레이온계 탄소 섬유 등의 탄소 섬유가 바람직하게 사용된다. 또한, 얻어지는 성형품의 경제성을 높이는 관점에서는 유리 섬유가 바람직하게 사용되고, 특히 역학 특성과 경제성의 밸런스로부터 탄소 섬유와 유리 섬유를 병용하는 것이 바람직하다. 또한, 얻어지는 성형품의 충격 흡수성이나 부형성을 높이는 관점에서는 아라미드 섬유가 바람직하게 사용되고, 특히 역학 특성과 충격 흡수성의 밸런스로부터 탄소 섬유와 아라미드 섬유를 병용하는 것이 바람직하다. 또한, 얻어지는 성형품의 도전성을 높이는 관점에서는 니켈, 구리, 이테르븀 등의 금속을 피복한 강화 섬유를 사용할 수도 있다.

[0064] 이들 중에서, 본 발명에서는 코어재에 있어서의 불연속의 강화 섬유로서, 불연속의 탄소 섬유가 보다 바람직하게 사용되고, 탄소 섬유로서는, 강도와 탄성률 등의 역학적 특성이 우수한 PAN계 탄소 섬유가 특히 바람직하게 사용된다. 또한, 강성, 내구성의 관점에서, 연속한 탄소 섬유인 것이 특히 바람직하다.

[0065] 연속한 탄소 섬유의 형태로서는, 일방향이어도 좋고, 2축 이상의 직조된 형상이어도 좋다. 또한 최외층은 내구성의 관점에서 직물인 것을 보다 바람직하게 예시할 수 있다.

[0066] 또한, 연속한 강화 섬유의 인장탄성률은 회전익의 강성의 관점에서 200GPa를 초과하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 220GPa 이상 400GPa 이하의 범위 내인 것을 사용할 수 있다. 강화 섬유의 인장탄성률이 200GPa보다 작은 경우에는 회전익의 강성이 열등한 경우가 있고, 400GPa보다 큰 경우에는 강화 섬유의 결정성을 높일 필요가 있어, 그러한 강화 섬유를 제조하는 것이 곤란해지기 쉽다.

[0067] 강화 섬유의 인장탄성률이 상기 범위 내이면 회전익의 추가적인 강성 향상, 강화 섬유의 제조성 향상의 점에서 바람직하다. 또한, 강화 섬유의 인장탄성률은 JIS R7601-1986에 기재된 스트랜드 인장 시험에 의해 측정할 수

있다.

[0068] 본 발명에 있어서, 구성 요소[A]에 사용되는 매트릭스 수지는, 불포화 폴리에스테르 수지, 비닐에스테르수지, 에폭시 수지, 페놀(레졸형) 수지, 우레아 수지, 멜라민 수지, 폴리이미드 수지, 말레이미드 수지, 벤조옥사진 수지 등의 열경화성 수지 등을 바람직하게 사용할 수 있다. 이들은 2종 이상을 블렌드한 수지 등을 적용해도 좋다. 이 중에서도 특히 에폭시 수지는 성형체의 역학 특성이나, 내열성의 관점에서 바람직하다. 에폭시 수지는 그 우수한 역학 특성을 발현하기 위해서, 사용하는 수지의 주성분으로서 포함되는 것이 바람직하고, 구체적으로는 수지 조성물 의 전체 질량에 대하여 60질량% 이상 포함되는 것이 바람직하다.

[0069] 에폭시 수지로서는, 아민류, 페놀류, 탄소-탄소 이중 결합을 갖는 화합물을 전구체로 하는 에폭시 수지가 바람직하게 사용된다.

[0070] 에폭시 수지의 경화제로서는, 에폭시기와 반응할 수 있는 활성기를 갖는 화합물이면 이것을 사용할 수 있다. 경화제로서는, 아미노기, 산무수물기 또는 아지드기를 갖는 화합물이 적합하다. 경화제로서는, 보다 구체적으로는, 예를 들면 디시안디아미드, 디아미노디페닐메탄(각종 이성체를 포함한다), 디아미노디페닐술폰(각종 이성체를 포함한다), 아미노벤조산에스테르류, 각종 산무수물, 페놀노볼락 수지, 크레졸노볼락 수지, 폴리페놀 화합물, 이미다졸 유도체, 지방족 아민, 테트라메틸구아니딘, 티오우레아 부가 아민, 카르복실산 무수물(예를 들면, 메틸헥사히드로프탈산 무수물), 카르복실산히드라지드, 카르복실산아미드, 폴리메르캅탄, 루이스산 착체(예를 들면, 3불화붕소에틸아민 착체) 등을 들 수 있다. 이들 경화제는 단독으로 사용해도 좋고 병용해도 좋다.

[0071] 방향족 디아민을 경화제로서 사용함으로써, 내열성이 양호한 경화 수지가 얻어진다. 특히, 디아미노디페닐술폰의 각종 이성체는 내열성이 양호한 경화 수지를 얻기 위해서 가장 적합하다. 방향족 디아민을 경화제로서 사용하는 경우, 그 첨가량은 화학량론적으로 당량이 되도록 첨가하는 것이 바람직하지만, 경우에 따라, 예를 들면 당량비 0.7 이상 0.8 이하 부근을 사용함으로써 고탄성률의 경화 수지가 얻어진다.

[0072] 또한, 디시안디아미드와 우레아 화합물(예를 들면, 3,4-디클로로페닐-1,1-디메틸우레아)의 조합, 혹은 이미다졸류를 경화제로서 사용함으로써, 비교적 저온에서 경화하면서 높은 내열내수성이 얻어진다. 산무수물을 사용해서 경화하는 것은, 아민 화합물을 경화제로서 사용한 경우에 비해 흡수율이 낮은 경화 수지를 부여한다. 그 외, 이들 경화제를 잠재화한 것, 예를 들면 마이크로캡슐화한 것을 사용할 수 있다.

[0073] 에폭시 수지의 경화제 중에서도, 디시안디아미드와 우레아 화합물의 조합이, 145℃ 이상의 온도에서 10분 이내에 경화하는 것을 가능하게 하기 쉽기 때문에 바람직하게 사용된다.

[0074] 또한, 이들 에폭시 수지와 경화제, 혹은 그것들의 일부를 예비 반응시킨 물(物)을 조성물 중에 배합할 수도 있다. 이 방법은 점도 조절이나 보존 안정성 향상에 유효한 경우가 있다.

[0075] 상기 에폭시 수지 조성물에, 열가소성 수지를 용해해서 첨가하는 것도 바람직하다. 이러한 열가소성 수지로서는, 일반적으로 주쇄에, 탄소-탄소 결합, 아미드 결합, 이미드 결합, 에스테르 결합, 에테르 결합, 카보네이트 결합, 우레탄 결합, 티오에테르 결합, 술폰 결합 또는 카르보닐 결합에서 선택된 결합을 갖는 열가소성 수지인 것이 바람직하지만, 부분적으로 가교 구조를 갖고 있어도 지장없다. 또한, 그것은 결정성을 갖고 있어도 좋고 비정성이어도 좋다. 특히, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리아세탈, 폴리페닐렌옥사이드, 폴리페닐렌술파이드, 폴리아릴레이트, 폴리에스테르, 폴리아미드이미드, 폴리이미드(예를 들면, 페닐트리메틸인단 구조를 갖는 폴리이미드), 폴리에테르이미드, 폴리술폰, 폴리에테르술폰, 폴리에테르케톤, 폴리에테르에테르케톤, 폴리아라미드, 폴리에테르니트릴 및 폴리벤즈이미다졸로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1종의 수지가, 에폭시 수지 조성물에 용해되어 있는 것이 바람직하다.

[0076] 구성 요소[A]에 사용되는 매트릭스 수지로서는, 내구성의 관점에서 에폭시 수지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 경화 후에 얻어지는 유리전이점으로서는, 120℃ 이상을 예시할 수 있다. 보다 바람직하게는, 150℃ 이상, 더욱 바람직하게는 200℃ 이상이다. 회전익은 옥외에서 사용되기 때문에, 내열성이 부족하면 내구성이 열등한 경우가 있고, 120℃ 이상인 것이 바람직하다. 또한, 유리전이온도는 5℃/min 승온 시의 동적 점탄성 측정 등에 의해 측정하는 것이 가능하다.

[0077] 또한, 구성 요소[A]에 사용되는 매트릭스 수지로서 열가소성 수지도 바람직하게 사용되고, 열가소성 수지는 결정성이어도 좋고 비정성이어도 좋다.

[0078] 결정성의 열가소성 수지로서는, 예를 들면 폴리에스테르, 폴리올레핀, 폴리옥시메틸렌(POM), 폴리아미드(PA),

폴리아릴렌술파이드, 폴리케톤(PK), 폴리에테르케톤(PEK), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에테르케톤케톤(PEKK), 폴리에테르니트릴(PEN), 불소계 수지, 액정 폴리머(LCP) 등을 들 수 있다. 폴리에스테르로서는, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리트리메틸렌테레프탈레이트(PTT), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 액정 폴리에스테르 등을 예시할 수 있다. 또한, 폴리올레핀으로서는, 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리부틸렌 등을 예시할 수 있다. 또한, 폴리아릴렌술파이드로서는, 폴리페닐렌술파이드(PPS)를 예시할 수 있다. 또한, 불소계 수지로서는, 폴리테트라플루오르에틸렌을 예시할 수 있다.

[0079] 비정성의 열가소성 수지로서는, 폴리스티렌 외에, 폴리카보네이트(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리염화비닐(PVC), 폴리페닐렌에테르(PPE), 폴리이미드(PI), 폴리아미드이미드(PAI), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리술폰(PSU), 폴리에테르설폰, 폴리아릴레이트(PAR) 등을 예시할 수 있다. 코어재로 사용되는 열가소성 수지로서는, 그 외에 페녹시 수지, 또한 폴리스티렌계, 폴리올레핀계, 폴리우레탄계, 폴리에스테르계, 폴리아미드계, 폴리부타디엔계, 폴리이소프렌계, 불소 수지계, 또는 아크릴로니트릴계 등의 열가소 엘라스토머여도 좋고, 또한 공중합체나 변성체여도 좋다. 그 중에서도, 코어재로 사용되는 열가소성 수지로서는, 폴리올레핀, 폴리아미드, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 변성 폴리페닐렌에테르, 폴리아릴렌술파이드가 바람직하게 사용된다.

[0080] 이들 비결정성의 열가소성 수지 중, 얻어지는 성형품의 경량성의 관점에서는 폴리올레핀을 사용하는 것이 바람직하고, 강도의 관점에서는 폴리아미드가 바람직하고, 흡습성의 관점에서는 폴리에스테르, 표면 외관의 관점에서는 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 변성 폴리페닐렌에테르와 같은 비정성 수지가 바람직하고, 내열성의 관점에서는, 폴리아릴렌술파이드가 바람직하고, 연속 사용 온도의 관점에서는 폴리에테르에테르케톤이 바람직하게 사용된다.

[0081] 또한, 구성 요소[C], 구성 요소[D], 구성 요소[E]는 전술한 구성 요소[A]에서 사용되는 마찬가지의 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재를 바람직하게 예시할 수 있다.

[0082] 또한, 구성 요소[C], 구성 요소[D], 및 구성 요소[E]를 구성하는 연속한 강화 섬유와 매트릭스 수지를 포함하는 연속 섬유 기재는 구성 요소[A]를 구성하는 것과 동일해도 좋고 상이해도 좋다. 구성 요소[C], 구성 요소[D], 및 구성 요소[E]에 필요로 되는 물성이나 특성에 따라, 최적의 매트릭스 수지, 강화 섬유, 및 강화 섬유의 형태를 선택해 사용함으로써, 경제성 좋게 경량화 가능하다.

[0083] 구성 요소[B]로서는, 코어부를 구성하는 부재이며, 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하인 강화 섬유와 수지를 포함하는 다공질체이다.

[0084] 도 13은 구성 요소[A]와 구성 요소[B]가 앵커링된 앵커링부의 계면의 모식도이다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 구성 요소[B]는 강화 섬유(26)와 수지(27)와 공극(25)으로 구성되는 다공질체이다.

[0085] 본 발명의 회전익에서는, 구성 요소[B]에 포함된 강화 섬유의 일부가 구성 요소[A]와의 계면을 넘어서 관입하고 있는 것이 바람직하다.

[0086] 구성 요소[B]에 포함된 강화 섬유가 구성 요소[A]와의 계면을 넘어서 관입하고 있는 상태란, 도 13에 나타내어지는 형태로 예시된다. 즉, 도 13에 나타내어지는 바와 같이, 구성 요소[A]를 구성하는 매트릭스 수지와 구성 요소[B]를 구성하는 수지로 형성되는 계면에서, 구성 요소[A]의 매트릭스 수지와 구성 요소[B]의 수지의 양방에 걸쳐 구성 요소[B]에서 유래하는 강화 섬유가 존재하고 있고, 바꿔 말하면, 구성 요소[B]에서 유래하는 강화 섬유에 의한 앵커링에 의해 구성 요소[A]의 매트릭스 수지와 구성 요소[B]의 수지가 강고한 접합 상태에 있다고 할 수 있다.

[0087] 구성 요소[B]에서 유래하는 강화 섬유의 관입의 정도는 본 발명의 효과를 저해하지 않는 한 제한되지 않지만, 코어부가 접합 매체로서 기능하고 있고, 스킨부와 코어부의 접합성에 영향을 준다는 관점에서, 구성 요소[B]에서 유래하는 강화 섬유가 구성 요소[A]와의 계면을 넘고 있는 길이(관입 길이)가 바람직하게는 5㎛ 이상, 보다 바람직하게는 10㎛ 이상인 것이 바람직하다.

[0088] 구성 요소[B]에서 유래하는 강화 섬유에 의한 구성 요소[A]에의 관입 길이는, 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 매크로한 경계면(33)에 평행하고 스킨에 관입한 섬유의 선단에 접하는 면과, 매크로한 경계면에 평행하고 상기 스킨에 관입한 섬유의 근원, 즉 상기 섬유가 코어부로부터 스킨부에 관입하는 점에 접하는 면의 거리로 나타내어지고, 도 13에 나타낸 강화 섬유를 예로 들면, 부호 29로 나타내어지는 구간의 길이이다. 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 매크로한 경계면(33)은 관찰된 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 경계를 나타내고, 구체적으로는 회전익의 단면의 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 경계 근방을, 레이저 현미경을 사용해서 1000배의 배율로 촬영하고, 촬상된 화상에 있어서, 그 직선을 넘어서 존재하는 구성 요소[A]의 매트릭스 수지가 차지하는 면적과, 그

직선을 넘어서 존재하는 구성 요소[B]의 매트릭스 수지 및 공극이 차지하는 면적이 동일해지도록 그은 직선, 그러한 직선이 복수 있을 때는 촬상된 화상 내에 있어서 상기 면적이 최대가 되는 직선을 포함하고, 촬상된 화상의 안길이 방향으로 연장되는 평면으로서 이해된다. 회전익의 단면은 회전축 및 전방 가장자리부, 후방 가장자리부를 지나는 면을 가리킨다. 그리고, 측정된 관통 길이 중 최대의 값인 것을 최대 관통 길이로 한다. 코어의 강화 섬유에 의한 스킨에의 최대 관통 길이는 구체적으로는 다음과 같이 해서 측정할 수 있다. 회전익의 스킨과 코어의 접합 부분을 잘라내고, 그 두께 방향 단면에 대해서, 레이저 현미경을 사용해서 1,000배의 배율로, 임의의 10개소(화상 10매) 촬영하고, 얻어진 화상으로부터, 코어에 있어서의 강화 섬유가 스킨에 관통하고 있는 각 단섬유에 대해서 관통 길이를 구하고, 그 최대의 값을 최대 관통 길이로 한다.

[0089] 여기서, 수지(27)로서는, 열가소성 수지나 열경화성 수지를 예시할 수 있다. 또한, 본 발명에 있어서는 열경화성 수지와 열가소성 수지가 블렌드되어 있어도 좋고, 그 경우는 수지를 구성하는 성분 중 50질량% 초과하는 양을 차지하는 열경화성 수지 또는 열가소성 수지를 수지(27)의 수지종으로 한다.

[0090] 본 발명에 있어서의 하나의 형태에 있어서, 수지(27)는 적어도 1종류 이상의 열가소성 수지를 포함하는 것이 바람직하다. 열가소성 수지로서는, 「폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리트리메틸렌테레프탈레이트(PTT), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 액정 폴리에스테르 등의 폴리에스테르, 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리부틸렌 등의 폴리올레핀, 폴리옥시메틸렌(POM), 폴리아미드(PA), 폴리페닐렌술파이드(PPS) 등의 폴리아릴렌술파이드, 폴리케톤(PK), 폴리에테르케톤(PEK), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에테르케톤케톤(PEKK), 폴리에테르니트릴(PEN), 폴리테트라플루오르에틸렌 등의 불소계 수지, 액정 폴리머(LCP)」 등의 결정성 수지, 「스티렌계 수지 외, 폴리카보네이트(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리염화비닐(PVC), 폴리페닐렌에테르(PPE), 폴리이미드(PI), 폴리아미드이미드(PAI), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리술폰(PSU), 폴리에테르술폰, 폴리아릴레이트(PAR)」등의 비정성 수지, 그 외에 페놀계 수지, 페녹시 수지, 또한 폴리스티렌계, 폴리올레핀계, 폴리우레탄계, 폴리에스테르계, 폴리아미드계, 폴리부타디엔계, 폴리이소프렌계, 불소계 수지, 및 아크릴로니트릴계 등의 열가소 엘라스토머 등이나, 이들의 공중합체 및 변성체 등에서 선택되는 열가소성 수지를 예시할 수 있다.

[0091] 그 중에서도, 얻어지는 회전익의 경량성의 관점에서는 폴리올레핀을 사용하는 것이 바람직하고, 강도의 관점에서는 폴리아미드가 바람직하고, 표면 외관의 관점에서 폴리카보네이트나 스티렌계 수지와 같은 비정성 수지가 바람직하고, 내열성의 관점에서 폴리아릴렌술파이드가 바람직하고, 연속 사용 온도의 관점에서 폴리에테르이미드, 폴리에테르에테르케톤이 바람직하고, 또한 내약품성의 관점에서 불소계 수지가 바람직하게 사용된다.

[0092] 본 발명에 있어서의 하나의 형태에 있어서, 수지(27)는 적어도 1종류 이상의 열경화성 수지를 포함하는 것이 바람직하다. 열경화성 수지로서는, 불포화 폴리에스테르, 비닐에스테르, 에폭시 수지, 페놀 수지, 우레아 수지, 멜라민 수지, 열경화성 폴리이미드, 이들의 공중합체, 변성체, 및 이들의 적어도 2종류를 블렌드한 수지를 예시할 수 있다. 또한, 본 발명의 목적을 저해하지 않는 범위에서, 본 발명에 의한 구조체는 엘라스토머 또는 고무 성분 등의 내충격성 향상제, 다른 충전재나 첨가제를 함유해도 좋다.

[0093] 충전재나 첨가제의 예로서는, 무기 충전재, 난연제, 도전성 부여제, 결정핵제, 자외선 흡수제, 산화 방지제, 제진제, 항균제, 방충제, 방취제, 착색 방지제, 열안정제, 이형제, 대전 방지제, 가소제, 활제, 착색제, 안료, 염료, 발포제, 제포제, 또는 커플링제를 예시할 수 있다.

[0094] 구성 요소[B]의 체적을 100체적%로 했을 때의 수지(27)의 체적 함유율은 2.5체적% 이상 85체적% 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 수지(27)의 체적 함유율이 2.5체적% 미만인 경우, 다공질체 중의 강화 섬유끼리를 결착하고, 강화 섬유의 보강 효과를 충분한 것으로 할 수 없는 경우가 있고, 구조체의 역학 특성, 특히 굽힘 특성을 만족할 수 없게 되므로 바람직하지 않다. 한편, 수지(27)의 체적 함유율이 85체적%보다 큰 경우에는, 수지량이 지나치게 많은 점에서, 공극 구조를 취하는 것이 곤란해지는 경우가 있으므로 바람직하지 않다.

[0095] 강화 섬유로서는, 알루미늄, 황동, 스테인리스 등의 금속 섬유, PAN계, 레이온계, 리그닌계, 피치계의 탄소 섬유, 아라미드, PBO, 폴리페닐렌술파이드, 폴리에스테르, 아크릴, 나일론, 폴리에틸렌 등의 유기 섬유, 흑연 섬유, 유리 섬유, 실리콘카바이드, 실리콘나이트라이드 등의 무기 섬유를 예시할 수 있다. 또한, 이들 섬유에 표면 처리가 실시되어 있는 것이어도 좋다. 표면 처리로서는, 도전체로서 금속의 피착 처리 외에, 커플링제에 의한 처리, 사이징제에 의한 처리, 결속제에 의한 처리, 첨가제의 부착 처리 등이 있다. 또한, 이들 섬유는 1종류를 단독으로 사용해도 좋고, 2종류 이상을 병용해도 좋다.

[0096] 그 중에서도, 경량화 효과의 관점에서, 비강도, 비강성이 우수한 PAN계, 피치계, 레이온계의 탄소 섬유가 바람

직하게 사용된다. 또한, 얻어지는 구조체의 경제성을 높이는 관점에서는, 유리 섬유가 바람직하게 사용되고, 특히 역학 특성과 경제성의 밸런스로부터 탄소 섬유와 유리 섬유를 병용하는 것이 바람직하다.

[0097] 또한, 얻어지는 구조체의 충격 흡수성이나 부형성을 높이는 관점에서는, 아라미드 섬유가 바람직하게 사용되고, 특히 역학 특성과 충격 흡수성의 밸런스로부터 탄소 섬유와 아라미드 섬유를 병용하는 것이 바람직하다. 또한, 얻어지는 구조체의 도전성을 높이는 관점에서는, 금속을 피복한 강화 섬유를 사용할 수도 있다. 이들 중에서, 강도와 탄성률 등의 역학 특성이 우수한 PAN계의 탄소 섬유를 보다 바람직하게 사용할 수 있다.

[0098] 또한, 구성 요소[B]에 포함된 강화 섬유는 불연속이며, 대략 모노필라멘트 형상, 또한 랜덤으로 분산되어 있는 것이 바람직하다. 강화 섬유를 이러한 형태로 함으로써, 시트 형상의 구조체의 전구체 내지 구조체를, 외력을 가해서 성형하는 경우에 복잡한 형상으로의 부형이 용이해진다.

[0099] 또한, 강화 섬유를 이러한 형태로 함으로써, 강화 섬유에 의해 형성된 공극이 치밀화하여, 다공질체 중에 있어서의 강화 섬유의 섬유다발단에 있어서의 약부(弱部)가 극소화할 수 있기 때문에, 우수한 보강 효율 및 신뢰성에 추가해서, 등방성도 부여된다.

[0100] 여기서, 대략 모노필라멘트 형상이란, 강화 섬유 단사가 500개 미만의 세섬도 스트랜드로 존재하는 것을 가리킨다. 더욱 바람직하게는, 모노필라멘트 형상으로, 즉 단섬유의 상태로 분산되어 있는 것이다.

[0101] 구체적으로는, 대략 모노필라멘트 형상, 또는 모노필라멘트 형상으로 분산되어 있다란, 다공질체 중에서 임의로 선택한 강화 섬유에 대해서, 그 이차원 접촉각이 1° 이상인 단섬유의 비율(이하, 섬유 분산율이라고도 칭한다)이 80% 이상인 것을 가리키고, 바꿔 말하면, 다공질체 중에 있어서 단섬유의 2개 이상이 접촉해서 평행한 다발이 20% 미만인 것을 말한다. 따라서, 여기서는 적어도 강화 섬유에 있어서의 필라멘트수 100개 이하의 섬유다발의 질량분율이 100%에 해당하는 것이 특히 바람직하다.

[0102] 이차원 접촉각이란, 불연속한 강화 섬유의 경우, 단섬유와 이 단섬유가 접촉하는 단섬유로 형성되는 각도이며, 접촉하는 단섬유끼리가 형성하는 각도 중 0° 이상 90° 이하의 범위 내에 있는 예각측의 각도로 정의한다. 이 이차원 접촉각에 대해서, 도면을 이용하여 더욱 설명한다. 도 14는, 면 방향(도 14(a)) 및 두께 방향(도 14(b))으로부터 관찰했을 때의 강화 섬유 매트에 있어서의 강화 섬유의 분산 상태의 일례를 나타내는 모식도이다. 단섬유(30)는 도 14(a)에서는 다른 단섬유와 교차해서 관찰되지만, 도 14(b)에서는 단섬유(30b)는 단섬유(30c)와는 접촉하고 있지 않다. 이 경우, 기준이 되는 단섬유에 대해서, 이차원 접촉각의 평가 대상이 되는 것은 접촉하는 단섬유(30)이며, 2개의 단섬유가 형성하는 2개의 각도 중 0° 이상 90° 이하의 범위 내에 있는 예각측의 각도(A)이다.

[0103] 이차원 접촉각을 측정하는 방법으로서는, 특별히 제한은 없지만, 예를 들면 다공질체의 표면으로부터 강화 섬유의 배향을 관찰하는 방법을 예시할 수 있다. 이 경우, 회전익의 표면을 연마해서 강화 섬유를 노출시킴으로써, 강화 섬유를 보다 관찰하기 쉬워진다.

[0104] 또한, X선 CT 투과 관찰을 행해서 강화 섬유의 배향 화상을 촬영하는 방법도 예시할 수 있다. X선 투과성이 높은 강화 섬유인 경우에는, 강화 섬유에 트레이서용의 섬유를 혼합해 두거나, 또는 강화 섬유에 트레이서용의 약제를 도포해 두면, 강화 섬유를 관찰하기 쉬워지기 때문에 바람직하다. 또한, 상기 방법으로 측정이 곤란한 경우에는, 가열로 등에 의해 회전익을 고온하에 두고 수지 성분을 소실시킨 후, 광학현미경 또는 전자현미경을 사용해서 꺼낸 강화 섬유로부터 강화 섬유의 배향을 관찰하는 방법을 예시할 수 있다.

[0105] 상기 서술한 관찰 방법에 의거하여 섬유 분산율은 다음 수순으로 측정한다. 즉, 무작위로 선택한 단섬유(도 14에 있어서의 단섬유(30))에 대하여 접촉하고 있는 모든 단섬유와의 이차원 접촉각을 측정한다. 이것을 100개의 단섬유에 대해서 행하고, 이차원 접촉각을 측정한 모든 단섬유의 총개수와 이차원 접촉각이 1° 이상인 단섬유의 개수의 비율로부터 비율을 산출한다.

[0106] 또한, 강화 섬유는 랜덤으로 분산되어 있는 것이 특히 바람직하다. 여기서, 강화 섬유가 랜덤으로 분산되어 있다란, 다공질체에 있어서의 임의로 선택한 강화 섬유의 이차원 배향각의 산술 평균값이 30° 이상 60° 이하의 범위 내에 있는 것을 말한다. 이러한 이차원 배향각이란, 강화 섬유(3)의 단섬유와 이 단섬유와 교차하는 단섬유로 형성되는 각도이며, 교차하는 단섬유끼리가 형성하는 각도 중 0° 이상 90° 이하의 범위 내에 있는 예각측의 각도로 정의한다.

[0107] 이 이차원 배향각에 대해서, 도면을 이용하여 더욱 설명한다. 도 14(a), (b)에 있어서, 단섬유(30)를 기준으로 하면, 단섬유(30)는 다른 단섬유와 교차하고 있다. 여기서, 교차란, 관찰하는 이차원 평면에 있어서, 기준으로

하는 단섬유가 다른 단섬유와 교차해서 관찰되는 상태를 의미하고, 단섬유(30)와 다른 단섬유가 반드시 접촉하고 있을 필요는 없고, 투영해서 본 경우에 교차해서 관찰되는 상태에 대해서도 예외가 아니다. 즉, 기준이 되는 단섬유(30)에 대해서 본 경우, 다른 단섬유 모두가 이차원 배향각의 평가 대상이며, 도 14(a) 중에 있어서 이차원 배향각은 교차하는 2개의 단섬유가 형성하는 2개의 각도 중 0° 이상 90° 이하의 범위 내에 있는 예각측의 각도(A)이다.

[0108] 이차원 배향각을 측정하는 방법으로서는, 특별히 제한은 없지만, 예를 들면 구성 요소[B]의 표면을 노출시키고, 그 표면으로부터 강화 섬유의 배향을 관찰하는 방법을 예시할 수 있고, 상기 서술한 이차원 접촉각의 측정 방법과 마찬가지의 수단을 취할 수 있다. 이차원 배향각의 평균값은 다음 수순으로 측정한다. 즉, 무작위로 선택한 단섬유(도 14에 있어서의 단섬유(30))에 대하여 교차하고 있는 모든 단섬유와의 이차원 배향각의 평균값을 측정한다. 예를 들면, 어느 단섬유에 교차하는 다른 단섬유가 다수인 경우에는, 교차하는 다른 단섬유를 무작위로 20개 선택해 측정한 산술 평균값을 대용해도 좋다. 이 측정을 다른 단섬유를 기준으로 해서 합계 5회 반복하고, 그 산술 평균값을 이차원 배향각의 산술 평균값으로서 산출한다.

[0109] 강화 섬유가 대략 모노필라멘트 형상, 또한 랜덤으로 분산되어 있음으로써, 상기 서술한 대략 모노필라멘트 형상으로 분산된 강화 섬유에 의해 부여되는 성능을 최대한까지 높일 수 있다. 또한, 다공질체에 있어서 역학 특성에 등방성을 부여할 수 있다. 이러한 관점에서, 강화 섬유의 섬유 분산율은 90% 이상인 것이 바람직하고, 100%에 근접할수록 보다 바람직하다. 또한, 강화 섬유의 이차원 배향각의 산술 평균값은 40° 이상 50° 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하고, 이상적인 각도인 45° 에 근접할수록 바람직하다.

[0110] 한편, 강화 섬유가 부직포 형상의 형태를 취하지 않는 예로서는, 강화 섬유가 일방향으로 배열되어서 이루어지는 시트 기재, 직물 기재, 및 논크림프 기재 등이 있다. 이들 형태는, 강화 섬유가 규칙적으로 조밀하게 배치되기 때문에, 다공질체 중의 공극이 적어져 버려, 수지의 함침이 매우 곤란해져, 미함침부를 형성하거나, 함침 수단이나 수지종의 선택지를 크게 제한하거나 하는 경우가 있다.

[0111] 구성 요소[B] 중의 강화 섬유의 형태로서는, 수지를 용이하게 함침시키거나, 그 양을 용이하게 조정할 수 있거나 하는 관점에서, 불연속성 강화 섬유인 것이 바람직하다.

[0112] 강화 섬유의 체적 함유율은 0.5체적% 이상 55체적% 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 강화 섬유의 체적 함유율이 0.5체적% 미만인 경우, 강화 섬유에서 유래하는 보강 효과를 충분한 것으로 할 수 없는 경우가 있다. 한편, 강화 섬유의 체적 함유율이 55체적%보다 큰 경우에는, 강화 섬유에 대한 수지의 체적 함유율이 상대적으로 적어지기 때문에, 다공질체 중의 강화 섬유끼리를 결착하여, 강화 섬유의 보강 효과를 충분한 것으로 할 수 없어, 다공질체의 역학 특성, 특히 굽힘 특성을 만족할 수 없게 되는 경우가 있다.

[0113] 강화 섬유는 수지로 피복되어 있고, 수지의 두께, 즉 강화 섬유가 개재하지 않고 수지만이 존재하는 부분의 길이가 1㎛ 이상 15㎛ 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 수지로 피복된 강화 섬유의 피복 상태는 적어도 다공질체를 구성하는 강화 섬유의 단섬유끼리의 교차하는 점이 피복되어 있으면, 다공질체의 형상 안정성이나, 두께 제어의 용이함 및 자유도의 관점에서 충분하지만, 더욱 바람직한 형태로 하면, 수지는 강화 섬유 주위에, 상기 서술한 두께로 피복된 상태인 것이 바람직하다. 이 상태는, 강화 섬유의 표면이 수지에 의해 노출되어 있지 않은, 바꿔 말하면, 강화 섬유가 수지에 의해 전선 형상의 피막을 형성하고 있는 것을 의미한다. 이것에 의해, 다공질체는 또한 형상 안정성을 가짐과 아울러, 역학 특성의 발현을 충분한 것으로 한다. 또한, 수지로 피복된 강화 섬유의 피복 상태는, 그 강화 섬유 모두에 있어서 피복되어 있을 필요는 없고, 본 발명에 의한 다공질체의 형상 안정성이나, 굽힘 탄성률, 굽힘 강도를 저해하지 않는 범위 내이면 좋다.

[0114] 본 발명의 회전익에 있어서, 구성 요소[B]에 포함되는 강화 섬유의 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 이상 15㎜ 이하의 범위 내에 있다. 이것에 의해, 강화 섬유의 보강 효율을 높일 수 있고, 다공질체에 우수한 역학 특성을 부여할 수 있다. 강화 섬유의 질량 평균 섬유 길이가 1㎜ 미만인 경우, 다공질체 중의 공극을 효율적으로 형성할 수 없기 때문에 비중이 높아지고, 바꿔 말하면 동일 질량이면서 소망하는 두께의 다공질체를 얻는 것이 곤란해진다.

[0115] 한편, 강화 섬유의 질량 평균 섬유 길이가 15㎜보다 긴 경우에는, 다공질체 중에서 강화 섬유가 자중에 의해 굴곡되기 쉬워져, 역학 특성의 발현을 저해하는 요인이 된다. 보다 바람직하게는 1.5㎜ 이상 12㎜ 이하, 더욱 바람직하게는 2㎜ 이상 11㎜ 이하가 예시된다. 질량 평균 섬유 길이는, 다공질체의 수지 성분을 소실이나 용출 등의 방법에 의해 제거하고, 남은 강화 섬유로부터 무작위로 400개를 선택하고, 그 길이를 10㎛ 단위까지 측정하고, 그들의 평균 길이로서 산출할 수 있다.

[0116] 본 발명에 있어서 구성 요소[B]는 다공질체이며, 공극, 즉 기체 이외의 물질이 존재하지 않는 부분을 포함하고 있다. 그러한 공극으로서는, 수지에 의해 피복된 강화 섬유가 기둥 형상의 지지체가 되고, 그것이 겹치거나, 또는 교차함으로써 형성된 공간을 들 수 있다. 예를 들면 강화 섬유에 수지가 미리 함침된 다공질체의 전구체를 가열해서 다공질체를 얻는 경우, 가열에 수반하는 수지의 용융 내지는 연화에 의해, 강화 섬유가 기모함으로써 공극이 형성된다. 이것은, 다공질체의 전구체에 있어서, 가압에 의해 압축 상태로 되어 있던 내부의 강화 섬유가, 그 탄성률에서 유래하는 기모력에 의해 기모하는 성질에 의거한다.

[0117] 또한, 다공질체 중에 있어서의 공극의 함유율은 10체적% 이상 97체적% 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 공극의 함유율이 10체적% 미만인 경우, 다공질체의 비중이 높아지기 때문에 경량성을 만족할 수 없는 경우가 있다.

[0118] 한편, 공극의 함유율이 97체적%보다 큰 경우에는, 바꿔 말하면, 강화 섬유의 주위에 피복된 수지의 두께가 얇아지기 때문에, 다공질체 중에 있어서의 강화 섬유끼리의 보강이 충분히 행하여지지 않기 때문에, 역학 특성이 낮아지는 경우가 있다. 그 때문에 공극의 함유율의 상한값은 97체적%인 것이 바람직하다. 또한, 본 발명에 있어서, 공극의 함유율은 체적 함유율로서 구하고, 다공질체를 구성하는 수지와 강화 섬유와 공극의 각각의 체적 함유율의 합계를 100체적%로 한다.

[0119] 다공질체의 굽힘 탄성률을 Ec, 구조체 1의 비중을 ρ로 했을 때, $Ec^{1/3} \cdot \rho^{-1}$로서 나타내어지는 다공질체의 비굽힘 강성(Specific flexural stiffness)은 3 이상 20 이하의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 다공질체의 비굽힘 탄성률이 3 미만인 경우, 굽힘 탄성률이 높아도, 비중도 높은 상태이며, 소망하는 경량화 효과가 얻어지지 않는 경우가 있어 바람직하지 않다. 한편, 다공질체의 비굽힘 탄성률이 20보다 큰 경우에는, 경량화 효과는 충분하지만, 굽힘 탄성률이 낮은 것을 가리키고 있고, 다공질체로서 소망되는 형상을 유지하는 것이 곤란한 경우나, 다공질체 자체의 굽힘 탄성률이 열등한 경우가 있는 점에서 바람직하지 않다.

[0120] 일반적으로 강재나 알루미늄의 비굽힘 강성은 1.5 이하이며, 이들 금속 재료보다 매우 우수한 비굽힘 탄성률의 영역이 된다. 게다가, 경량화 효과에 착안되는 탄소 섬유 강화 수지 복합 재료의 일반적인 비굽힘 탄성률인 2.3을 초과하는 3 이상인 것, 더욱 바람직하게는 5 이상이다.

[0121] 다공질체의 굽힘 탄성률 Ec는 3GPa 이상, 바람직하게는 6GPa 이상이면 좋다. 다공질체의 굽힘 탄성률 Ec가 3GPa 미만인 경우, 다공질체로서 사용하는 범위에 제한이 생기기 때문에 바람직하지 않다. 또한, 다공질체의 설계를 용이하게 하기 위해서, 굽힘 탄성률은 등방성을 갖고 있는 것이 바람직하다. 굽힘 탄성률의 상한에 대해서는 제한을 설정하지 않지만, 일반적으로 강화 섬유와 수지로 이루어지는 구조체에서는, 그 구성 성분인 강화 섬유 및 수지 각각의 탄성률로부터 산출되는 값이 상한이 될 수 있다.

[0122] 다공질체의 비중 ρ는 0.9g/㎤ 이하인 것이 바람직하다. 다공질체의 비중 ρ가 0.9g/㎤보다 큰 경우, 다공질체로 한 경우의 질량이 증가하는 것을 의미하고, 결과, 회전익으로 한 경우의 질량의 증가를 초래하게 되므로 바람직하지 않다. 비중의 하한에 대해서는 제한을 설정하지 않지만, 일반적으로 강화 섬유와 수지로 이루어지는 다공질체에서는, 그 구성 성분인 강화 섬유, 수지, 및 공극 각각의 체적 비율로부터 산출되는 값이 하한이 될 수 있다. 본 발명에 의한 회전체에 있어서는, 역학 특성을 유지한다는 관점에서 0.03g/㎤ 이상인 것이 바람직하다.

[0123] 본 발명의 구성 요소[B]에 있어서의 강화 섬유는 부직포 형상의 형태를 취하는 것이, 강화 섬유에의 수지의 함침의 용이함의 관점에서 바람직하다. 부직포 형상의 형태를 갖고 있음으로써, 부직포 자체의 핸들링성의 용이함에 추가해, 일반적으로 고점도가 되는 열가소성 수지의 경우에 있어서도 함침을 용이한 것으로 할 수 있기 때문에 바람직하다. 여기서, 부직포 형상의 형태란, 강화 섬유의 스트랜드 및/또는 모노필라멘트가 규칙성 없이 면형상으로 분산된 형태를 가리키고, 촙드 스트랜드 매트, 콘티뉴언스 스트랜드 매트, 초지 매트, 카딩 매트, 에어레이드 매트 등을 예시할 수 있다(이하, 이들을 통괄해서 강화 섬유 매트라고 칭한다).

[0124] 다공질체를 구성하는 강화 섬유 매트의 제조 방법으로서는, 예를 들면 강화 섬유를 미리 스트랜드 및/또는 대략 모노필라멘트 형상으로 분산시켜 강화 섬유 매트를 제조하는 방법이 있다.

[0125] 강화 섬유 매트의 제조 방법으로서는, 강화 섬유를 공기류로 분산 시트화하는 에어레이드법이나, 강화 섬유를 기계적으로 빗질하면서 형상을 갖춰 시트화하는 카딩법 등의 건식 프로세스, 강화 섬유를 수중에서 교반해서 초지하는 래드라이트법에 의한 습식 프로세스를 공지 기술로서 들 수 있다.

[0126] 강화 섬유를 보다 모노필라멘트 형상에 근접하게 하는 수단으로서는, 건식 프로세스에 있어서는, 개섬 바를 설

치하는 방법이나 또한 개섬 바를 진동시키는 방법, 또한 카드의 눈을 파인으로 하는 방법이나, 카드의 회전 속도를 조정하는 방법 등을 예시할 수 있다.

[0127] 습식 프로세스에 있어서는, 강화 섬유의 교반 조건을 조정하는 방법, 분산액의 강화 섬유 농도를 희박화하는 방법, 분산액의 점도를 조정하는 방법, 분산액을 이송시킬 때에 와류를 억제하는 방법 등을 예시할 수 있다.

[0128] 특히, 강화 섬유 매트는 습식 프로세스로 제조하는 것이 바람직하고, 투입 섬유의 농도를 증가시키거나, 분산액의 유속(유량)과 메쉬 컨베이어의 속도를 조정하거나 함으로써 강화 섬유 매트의 강화 섬유의 비율을 용이하게 조정할 수 있다. 예를 들면, 분산액의 유속에 대하여 메쉬 컨베이어의 속도를 느리게 함으로써, 얻어지는 강화 섬유 매트 중의 섬유의 배향이 권취 방향을 향하기 어려워져, 부피가 큰 강화 섬유 매트를 제조 가능하다. 강화 섬유 매트는 강화 섬유 단체로 구성되어 있어도 좋고, 강화 섬유가 분말 형상이나 섬유 형상의 매트릭스 수지 성분과 혼합되어 있거나, 강화 섬유가 유기 화합물이나 무기 화합물과 혼합되어 있거나, 강화 섬유끼리가 수지 성분으로 고정되어 있어도 좋다.

[0129] 또한, 강화 섬유 매트에는 미리 수지를 함침시켜 두고, 다공질체 전구체로 해 둘 수도 있다. 본 발명에 의한 다공질체 전구체를 제조하는 방법으로서는, 강화 섬유 매트에 수지를 용융 내지 연화하는 온도 이상으로 가열된 상태에서 압력을 부여하여, 강화 섬유 매트에 함침시키는 방법을 사용하는 것이 제조의 용이함의 관점에서 바람직하다. 구체적으로는, 강화 섬유 매트의 두께 방향의 양측으로부터 수지를 배치한 적층물을 용융 함침시키는 방법을 바람직하게 예시할 수 있다.

[0130] 상기 각 방법을 실현하기 위한 설비로서는, 압축 성형기나 더블 벨트 프레스를 바람직하게 사용할 수 있다. 배치식의 경우에는 전자이며, 가열용과 냉각용의 2기 이상을 병렬한 간헐식 프레스 시스템으로 함으로써 생산성의 향상이 도모된다. 연속식의 경우에는 후자이며, 연속적인 가공을 용이하게 행할 수 있으므로 연속 생산성이 우수하다.

[0131] 본 발명에 의한 다공질체를 제조할 때는, 적어도 이하의 공정[1] 및 공정[2]에 의해 제조되는 방법을 채용하는 것이 제조의 용이함의 관점에서 바람직하다.

[0132] 공정[1]: 수지가 용융 내지 연화하는 온도 이상으로 가열된 상태에서 압력을 부여하여, 수지를 강화 섬유 매트에 함침시켜서 다공질체 전구체를 제작하는 공정.

[0133] 공정[2]: 다공질체 전구체를 가열된 상태에서 두께 조정을 함으로써 팽창시키는 공정.

[0134] 공정[2]은 공정[1]에서 얻어진 다공질체 전구체를 가열된 상태에서 두께 조정을 함으로써 팽창시키는 공정이다. 이때 가열되는 온도는 다공질체를 구성하는 수지가 열가소성 수지인 경우, 용융 내지 연화시키는 데에 충분한 열량을 주는 것이, 제조되는 다공질체의 두께 제어 및 제조 속도의 관점에서 바람직하고, 구체적으로는, 용융 온도에 대하여 10℃ 이상 높고, 또한 열가소성 수지가 열분해 온도 이하의 온도를 부여하는 것이 바람직하다. 또한, 수지로서 열경화성 수지를 사용하는 경우, 가교 구조를 형성해서 경화하기 전의 열경화성 수지 원료를 용융 내지 연화시키는 데에 충분한 열량을 주는 것이, 제조되는 다공질체의 두께 제어 및 제조 속도의 관점에서 바람직하다.

[0135] 두께 제어를 행하는 방법으로서는, 가열되는 구조체 전구체를 목적의 두께로 제어할 수 있으면 방법에 의하지 않지만, 금속판 등을 사용해서 두께를 구속하는 방법, 구조체 전구체에 부여하는 압력에 의해 두께 제어하는 방법 등이 제조의 간편함의 관점에서 바람직한 방법으로서 예시된다. 상기 방법을 실현하기 위한 설비로서는, 압축 성형기나 더블 벨트 프레스를 바람직하게 사용할 수 있다. 배치식의 경우에는 전자이며, 가열용과 냉각용의 2기 이상을 병렬한 간헐식 프레스 시스템으로 함으로써 생산성의 향상이 도모된다. 연속식의 경우에는 후자이며, 연속적인 가공을 용이하게 행할 수 있기 때문에 연속 생산성이 우수하다.

[0136] 또한, 상기 절개부를 형성하는 타이밍은 특별히 한정되지 않고, 공정[1]의 단계에서 다공질 전구체에 절개부를 형성해도 좋고, 공정[2]에서 얻어진 다공질체에 절개부를 형성해도 좋고, 공정[2] 이후에서 미리 분할된 다공질 전구체 혹은 다공질체는 구성 요소[A]와 합쳐 성형할 때에 결과적으로 구성 요소[B] 내에 구성 요소[A]가 침입한 절개부를 형성해도 좋다.

[0137] 상기 요철부를 형성하는 타이밍은 요철부의 형상 유지성의 관점에서 공정[2] 이후가 바람직하고, 공정[2] 이전에서 요철부를 형성해도 팽창했을 때에 요철부가 평활화해 버릴 리스크가 있다. 실시 방법으로서는 공정[1]에서 얻어진 다공질 전구체에 요철 형상의 금형을 따르게 해서 팽창시키는 방법을 들 수 있다.

[0138] 강화 섬유 매트가 부직포 형상의 형태를 취하지 않는 예로서는, 강화 섬유가 일방향으로 배열되어서 이루어지는

시트 기재, 직물 기재, 및 논크림프 기재 등이 있다. 이들 형태는, 강화 섬유가 규칙적으로 조밀하게 배치되기 때문에, 강화 섬유 매트 중의 공극부가 적어, 열가소성 수지가 충분한 앵커링 구조를 형성하지 않기 때문에, 그것을 코어 형성층으로 하면 접합 능력이 저하한다. 또한, 수지가 열가소성 수지인 경우, 함침이 매우 곤란해져, 미함침부를 형성하거나, 함침 수단이나 수지종의 선택지를 크게 제한하거나 한다.

[0139] 실시예

[0140] 이하에 실시예를 나타내어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 이들 구체적인 예에 한정해서 해석되는 것은 아니다.

[0141] (1) 강화 섬유의 밀도 ρf

[0142] JIS R7603(1999)A법 액치환법에 의해 강화 섬유의 밀도 ρf를 측정했다.

[0143] (2) 수지 시트의 밀도 ρr

[0144] JIS K7112(1999)A법 수중 치환법에 의해 수지 시트의 밀도 ρr을 측정했다.

[0145] (3) 다공질체에 있어서의 강화 섬유의 체적 함유율 Vf

[0146] 다공질체의 질량 Ws를 측정한 후, 다공질체를 공기 중 500℃에서 30분간 가열해서 수지 성분을 태워 제거하고, 남은 강화 섬유의 질량 Wf를 측정하고, 다음 식에 의해 산출했다.

[0147] $Vf(\text{체적}\%)=(Wf/\rho f)/\{Wf/\rho f+(Ws-Wf)/\rho r\}\times 100$

[0148] ρf: 강화 섬유의 밀도(g/㎤)

[0149] ρr: 수지 시트의 밀도(g/㎤).

[0150] (4) 다공질체의 밀도 ρ

[0151] 다공질체로부터 시험편을 잘라내고, JIS K7222(2005)를 참고로 해서 다공질체의 겉보기 밀도를 측정했다. 시험편의 치수는 세로 100㎜, 가로 100㎜로 했다. 시험편의 세로, 가로, 두께를 마이크로미터로 측정하고, 얻어진 값으로부터 시험편의 체적 V를 산출했다. 또한, 잘라낸 시험편의 질량 M을 전자 천평으로 측정했다. 얻어진 질량 M 및 체적 V를 다음 식에 대입함으로써 다공질체의 밀도 ρ를 산출했다.

[0152] $\rho[\text{g/㎤}]=10^{3}\times M[\text{g}]/V[\text{㎣}]$.

[0153] (5) 다공질체의 굽힘 시험

[0154] 다공질체로부터 시험편을 잘라내고, ISO178법(1993)에 따라 굽힘 탄성률을 측정했다. 시험편은, 임의의 방향을 0° 방향으로 한 경우에 0°, +45°, −45°, 90° 방향의 4방향에 대해서 잘라낸 시험편을 제작하고, 각각의 방향에 대해서 측정수 n=5로 하고, 산술 평균값을 굽힘 탄성률 Ec로 했다. 측정 장치로서는 "인스트론(등록상표)" 5565형 만능 재료 시험기(인스트론 재팬(주)제)를 사용했다. 얻어진 결과로부터 다음 식에 의해, 구조체의 비굽힘 강성을 산출했다.

[0155] $\text{비굽힘 강성}=Ec^{1/3}\cdot\rho^{-1}$.

[0156] (6) 다공질체의 공극의 체적 함유율

[0157] 다공질체로부터 세로 10㎜, 가로 10㎜로 시험편을 잘라내고, 단면을 주사형 전자현미경(SEM)((주)히타치 하이테크놀러지즈제 S-4800형)에 의해 관찰하고, 다공질체의 표면으로부터 등간격으로 10개소를 1,000배의 배율로 촬영했다. 각각의 화상에 대해서, 화상 내의 공극의 면적 Aa를 구했다. 또한, 공극의 면적 Aa를 화상 전체의 면적으로 제산함으로써 공극률을 산출했다. 다공질체의 공극의 체적 함유율은 5매의 시험편에서 각각 10개소씩 촬영한 합계 50개소의 공극률로부터 산술 평균에 의해 구했다. 이들 산술 평균을 평균 공극률로 한다. 또한, 다공질체를 3분할하는 경우의 분할된 부분의 공극의 체적 함유율은 날개단부터 근원의 중간에 있어서 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선에 직교하는 면으로, 또한 체적이 균등해지도록 3분할하고, 상기 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선을 따라, 분할된 각 부분의 각각에 대해서 세로 10㎜, 가로 10㎜의 시험편을 잘라내고, 측정을 행했다. 공극의 체적 함유율은 상기 서술한 방법과 마찬가지이다.

[0158] (7) 다공질체의 수지의 체적 함유율

[0159] 상기에 의해 얻어지는 강화 섬유 및 공극의 체적 함유율의 합을 100체적%로부터 뺀 값을 수지의 체적 함유율로서 구했다.

[0160] (8) 강화 섬유에 의한 스킨에의 최대 관통 길이

[0161] 회전익의 스킨부와 코어부의 접합 부분을 잘라내고, 그 두께 방향 단면에 대해서, 레이저 현미경((주)키엔스제 VK-9510)을 사용해서 1,000배의 배율로, 임의의 10개소(화상 10매) 촬영하고, 얻어진 화상으로부터, 매크로한 경계면을 기준으로, 코어에 있어서의 강화 섬유가 스킨에 관통하고 있는 각 단섬유에 대해서 관통 길이를 구하고, 그 최대의 값을 최대 관통 길이로 했다. 매크로한 경계면은 상기 1000배의 배율로 촬영한 화상에 있어서, 그 직선을 넘어서 존재하는 구성 요소[A]의 매트릭스 수지가 차지하는 면적과, 그 직선을 넘어서 존재하는 구성 요소[B]의 매트릭스 수지 및 공극이 차지하는 면적이 동일해지도록 직선을 긋고, 상기 직선을 포함해 화상 안길이 방향으로 연장되는 평면을 매크로한 경계면으로 했다.

[0162] (9) [탄소 섬유]

[0163] 폴리아크릴로니트릴을 주성분으로 하는 공중합체로부터 방사, 소성 처리, 및 표면 산화 처리를 행하여, 총단사수 12,000개의 연속 탄소 섬유를 얻었다. 이 연속 탄소 섬유의 특성은 다음에 나타내는 바와 같았다.

[0164] 단섬유 지름: 7㎛

[0165] 밀도: 1.8g/㎤

[0166] 인장 강도: 4,600MPa

[0167] 인장 탄성률: 220GPa.

[0168] (10) [PP 수지]

[0169] 미변성 폴리프로필렌 수지(프라임 폴리머(주)제 "프라임 폴리프로"(등록상표) J105G) 80질량%와, 산 변성 폴리프로필렌 수지(미츠이 카가쿠(주)제 "아드머"(등록상표) QB510) 20질량%로 이루어지는 단위 면적당 중량 100g/㎡의 수지 시트를 제작했다. 얻어진 PP 수지 시트의 밀도는 0.92g/㎤였다.

[0170] (11) [강화 섬유 매트]

[0171] 상기 (9) [탄소 섬유]에서 얻은 탄소 섬유를 길이 6mm로 커트하여, 촙드 탄소 섬유(CF1)를 얻었다. 촙드 탄소 섬유를 개면기에 투입해서 당초의 굵기의 강화 섬유다발이 거의 존재하지 않는, 면 형상의 강화 섬유 집합체를 얻었다. 이 강화 섬유 집합체를 직경 600mm의 실린더 롤을 갖는 카딩 장치에 투입하고, 강화 섬유로 이루어지는 시트 형상의 웹을 형성했다. 이때의 실린더 롤의 회전수는 320rpm, 도퍼의 속도는 13m/분이었다. 이 웹을 겹쳐서 강화 섬유 매트 1을 얻었다. 얻어진 강화 섬유 매트 1에 있어서, 강화 섬유는 대략 모노필라멘트 형상으로 분산되어 있었다. 또한, 강화 섬유 매트 1의 질량 평균 섬유 길이 Lf는 6mm, 단위 면적당 중량은 50g/㎡였다.

[0172] (12) [다공질체의 전구체]

[0173] 강화 섬유 매트로서 강화 섬유 매트 1, 수지 시트로서 PP 수지를, [수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트/강화 섬유 매트/수지 시트]의 순서로 배치한 적층물을 3매 겹쳐서 적층체를 제작했다. 이어서, 이하의 공정(I)~(III)을 거침으로써 다공질체의 전구체를 얻었다.

[0174] (I) 적층체를 230℃로 예열한 프레스 성형용 금형 캐비티 내(평판 형상)에 배치하고 금형을 닫는다.

[0175] (II) 이어서, 120초간 유지한 후, 3MPa의 압력을 부여해 추가로 60초간 유지한다.

[0176] (III) 압력을 유지한 상태에서, 캐비티 온도를 50℃까지 냉각하고, 다공질체의 전구체를 꺼낸다.

[0177] (13) [다공질체]

[0178] 다공질체의 전구체를 소정의 형상, 질량으로 설계하고, 이하의 공정(I)~(III)을 얻음으로써 다공질체를 얻었다.

[0179] (I) 적층체를 230℃로 예열한 프레스 성형용 금형 캐비티 내(회전익 형상)에 배치하고 금형을 닫는다.

[0180] (II) 이어서, 120초간 유지한 후, 3MPa의 압력을 부여해 추가로 60초간 유지한다.

[0181] (III) 압력을 유지한 상태에서, 캐비티 온도를 50℃까지 냉각하고, 얻어진 다공질체를 꺼낸다.

[0182] 얻어진 다공질체에서는, 단면 관찰로부터 강화 섬유를 기둥 형상의 지지체로 한 공극이 확인되었다.

[0183] 다공질체로서 코어 1과, 깊이 1mm 또한 코어 2의 체적에 대하여 5체적%의 절개부를 가진 코어 2, 깊이 2mm 또한 코어 3의 체적에 대하여 15체적%의 절개부를 가진 코어 3, 표면에 깊이 0.1mm의 요철부를 형성한 코어 4를 준비했다. 요철부는 상기 공정(I)~(III)에서 사용하는 금형에 엠보싱 가공함으로써 형성했다. 또한, 비교예로서 구성 요소[B] 대신에 후루카와 덴코제 저발포 폴리프로필렌 시트 "에프셀"(등록상표)을 사용하여, 코어 2와 마찬가지로 깊이 1mm 또한 코어 5의 체적에 대하여 5체적%의 절개부를 가진 코어 5를 준비했다. 또한, 후루카와 덴코제 저발포 폴리프로필렌 시트 "에프셀"(등록상표)을 사용하여, 구성 요소 코어 1과 같이 절개부를 넣은 코어 6을 제작했다.

[0184] (14) 회전익의 제조

[0185] 탄소 섬유 강화 프리프레그를 회전익의 형상에 맞춰서 재단했다. 또한, 프리프레그로서는, 토레이 가부시키가이샤제 "토레카"(등록상표) 프리프레그 P2362W-19(일방향 프리프레그), 및 FM6673G-37(직물 프리프레그)을 사용했다. 구성 요소[A]의 구체적인 적층 구성으로서는, 직물재(PPg2)의 내측, 즉 구성 요소[B]를 구성할 예정인 측에 상기 일방향 프리프레그(PPg1)를 1층 적층했다. 또한, 회전익의 길이 방향을 0° 로 하고, 직물재는 ±45° , 일방향재는 0° 로 적층해서 사용했다. 구성 요소[C] 및 구성 요소[D]는 PPg1을 섬유의 배향이 동일한 방향이 되도록 적층해서 사용했다.

[0186] 재단한 프리프레그를 다공질체 1에 겹쳐, 이하의 공정(I)~(III)을 얻음으로써 회전익을 얻었다. 또한, 적층 구성으로서는, 직물 프리프레그/일방향 프리프레그/다공질체/일방향 프리프레그/직물 프리프레그이다.

[0187] (I) 적층체를 180℃로 예열한 프레스 성형용 금형 캐비티 내(회전익 형상)에 배치하고 금형을 닫는다.

[0188] (II) 이어서, 10분 유지한 후, 3MPa의 압력을 부여해 추가로 2시간 유지한다.

[0189] (III) 압력을 유지한 상태에서, 캐비티 온도를 50℃까지 냉각하고, 다공질체의 전구체를 꺼낸다.

[0190] (15) 구성 요소[D]의 위치 정밀도 평가

[0191] 회전익의 횡단면을 잘라내고, 레이저 현미경((주)키엔스제 VK-9510)을 사용해, 50배의 배율로, 구성 요소[D]의 위치 정밀도에 대해서 관찰하고, 설계도와 성형품의 전방 가장자리와 후방 가장자리 선단을 일치시킨 경우의 위치 정밀도를 측정했다.

[0192] 구체적으로는, 성형품 20개 성형했을 때에, 전방 가장자리를 기점으로 해서, 목적의 위치에 대한 구성 요소[D]의 위치 정밀도가, 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결한 거리의 1/20 이내인 것을 합격으로 판정하고, 18~20개 합격이면 S(Excellent), 14~17개 합격이면 A(Good), 10~13개 합격이면 B(Average), 10개 미만을 C(Poor)로서 평가했다.

[0193] (16) 프리프레그의 Rc(수지 질량 함유율)

[0194] JIS K7071(1988)에 의해 프리프레그의 Rc를 구했다.

[0195] (17) 성형 후의 유리전이점

[0196] 회전익과 동일한 성형 조건으로, 2mm 두께의 성형품을 성형하고, 폭 12.7mm, 길이 45mm의 시험편을 잘라내고, 점탄성 측정 장치(ARES, 티에이 인스트루먼트사제)를 이용하여, 비틀림 진동 주파수 1.0Hz, 승온 속도 5.0℃/분의 조건하에서, 30~250℃의 온도 범위에서 DMA 측정을 행했다. 유리전이온도(Tg)는 저장 탄성률 G' 곡선에 있어서, 유리 상태에서의 접선과 전이 상태에서의 접선의 교점에 있어서의 온도로 했다.

[0197] (실시예 1~5)

[0198] 표 1에 구성 요소[A], 구성 요소[C], 구성 요소[D] 및 구성 요소[D]에 사용한 프리프레그, 표 2에는 구성 요소[B]에 사용한 다공질체를 기재했다. 표 3에 나타내는 구성으로 회전익을 제조했다. 또한, 회전체의 대표적인 횡단면도 아울러 나타냈다. 실시예 1에서는 코어 1의 다공질체를 사용하고, 도 2와 같이 구성하고, 실시예 2에서는 코어 2의 다공질체를 사용하고, 상기 다공질체에는 도 4에 나타내는 절개부를 형성하고, 회전익으로서는 도 7에 나타내는 구성으로 하고, 즉 구성 요소[C], 구성 요소[D]를 구비하고, 실시예 3에서는 코어 2의 다공질체를 사용하고, 상기 다공질체에는 도 4에 나타내는 절개부를 형성하고, 회전익으로서는 도 11에 나타내는 구성으로

하고, 즉 중공부를 형성함과 아울러 구성 요소[E]를 중공부에 구비하고, 실시예 4에서는 코어 4의 다공질체를 사용하고, 도 16과 같이 구성하고, 부호 32로 나타내는 깊이를 가진 요철부를 구성 요소[B]에 형성했다. 실시예 5에서는 코어 1의 다공질체를 사용하고, 도 17의 구성의 회전익을 성형했다. 실시예 5에서는 다공질체를 경유하지 않고 복수의 다공질 전구체로 이루어지는 구성 요소[B]를 내포한 구성 요소[A]를 일체적으로 성형함으로써 얻었다. 즉, 상기 (13) [다공질체], (14) [회전익의 제조 공정] 대신에, 소정의 형상으로 재단해서 조정한 구성 요소[A]를 금형의 벽면에 배치하고, 이어서 구성 요소[B]로 하기 위한 다공질체의 전구체를 금형 내에 배치하고, (13) [다공질체]의 공정(I) 내지 (III)을 행함으로써, 구성 요소[A]와 구성 요소[B]가 일체화된 성형체를 얻었다. 또한, 금형의 벽면을 조정함으로써 부호 11로 나타내는 바와 같은 절개부를 형성했다.

[0199] (비교예 1~2)

[0200] 표 1에 구성 요소[A]에 사용하는 프리프레그를 나타내고, 구성 요소[B] 대신에 후루카와 덴코제 저발포 폴리프로필렌 시트 "에프셀"(등록상표)을 사용했다. 또한, 회전체의 대표적인 횡단면도 아울러 나타냈다. 코어 6에 대해서는 코어 2와 마찬가지의 절개부를 형성했다.

[0201] 실시예 1과 비교예 1의 코어 재료의 비교로부터, 경량성은 동등하지만, 실시예 1에서는, 코어에 사용하는 구성 요소[B]의 비굽힘 강도가 높고, 회전익으로서의 강성이 높을뿐만 아니라, 구성 요소[B]의 강화 섬유가 관통하고 있음으로써, 접착성이 높고, 비약적으로 피로 특성을 향상시킬 수 있는 것을 나타내고 있다.

[0202] 또한, 실시예 2와 비교예 2의 절개의 유무의 비교로부터, 구성 요소[D]의 위치 정밀도는 구성 요소[B]를 사용한 실시예 2가 높고, 결과적으로 안정적인 피로 특성을 나타내는 회전익을 제조할 수 있다. 또한, 절개부가 존재함으로써, 추가적인 높은 접착성을 갖고 있는 점에서, 장기간에 걸쳐 피로 특성이 우수하다.

[0203] 또한, 코어에 절개를 넣은 실시예 2와 비교예 3의 코어 재료의 비교로부터, 에프셀에 절개를 넣어서 제작한, 비교예 3의 코어 6에서는 공정(III) 후에 절개부에서 파손되어, 굽힘 탄성률을 측정할 수 없었다.

[0204] 실시예 3에는, 실시예 2에 추가로 중공부를 갖는 성형품을 나타내고 있고, 중공부의 위치 정밀도도 높게 제조할 수 있다.

[0205] 산업상 이용 가능성

[0206] 본 발명의 회전익은 드론이나 하늘을 나는 차(무인, 유인) 등의 에어 모빌리티나 풍차에 바람직하게 적용할 수 있다.

표 1

[0207]

	사용 재료	PPg1	PPg2
구성 요소[A], 구성 요소[C], 구성 요소[D], 구성 요소[E]	품번	P2362W-19	FM6673G-37
	매트릭스 수지	에폭시 수지	에폭시 수지
	섬유 형태	일방향재	직물
	Rc [%]	35.5	40
	성형 후의 유리전이온도 [℃]	204	204

표 2

	코어 1	코어 2	코어 3	코어 4	코어 5	코어 6
재료	구성 요소[B]	구성 요소[B]	구성 요소[B]	구성 요소[B]	"에포셀"	"에포셀"
강화 섬유	CF1	CF1	CF1	CF1	없음	없음
수지	PP	PP	PP	PP	PP	PP
질량 평균 섬유 길이 (mm)	6	6	6	6	–	–
평균적인 공극률 (%)	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7
구조체의 밀도 (g/cm^3)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.33	0.33
절개 깊이 (mm)	–	1	2	–	–	1
코어 중의 결계부 체적 비율(%)	–	5	15	–	–	5
요철부 깊이 (㎜)	–	–	–	1	–	–
코어 표면 요철부 비율 (%)	–	–	–	100	–	–
굽힘 탄성률 (Ec) (GPa)	8.1	7.4	5.8	8	0.2	–
비굽힘 강성 (–)	5.58	5.41	4.99	5.58	1.68	–

[0208]

표 3

	실시예1	실시예2	실시예3	실시예4	실시예5	비교예1	비교예2	비교예3
대표적인 횡단면	도2	도4+7	도4+11	도16	도17	도2	도7	도4+7
구성 요소[A]의 구성, 두께	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1	PPg2/PPg1
구성 요소[A]의 두께(㎜)	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
구성 요소[A]에의 구성 요소[B] 강화 섬유의 관통 길이 (㎛)	15	15	15	15	15	—	—	—
코어	코어1	코어2	코어2	코어4	코어1	코어1	코어5	코어6
구성 요소[B]의 평균적인 공극률 (%)	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7
구성 요소[B]를 3분할했을 때의 최대 공극률 (%)	69	69	69	69	69	66.7	66.7	66.7
구성 요소[B]를 3분할했을 때의 최소 공극률 (%)	64	64	64	64	64	66.7	66.7	66.7
구성 요소[C]의 구성	—	PPg1 2층	PPg1 2층	—	—	—	PPg1 2층	PPg1 2층
구성 요소[C]의 두께 (㎜)	—	0.4	0.4	—	—	—	0.4	0.4
구성 요소[C]의 길이 방향 기준으로의 배치 비율 (%)	—	80	80	—	—	—	80	80
구성 요소[C]에의 구성 요소[B] 강화 섬유의 관통 길이 (㎛)	—	11	11	—	—	—	—	—
절입부 혹은 요철부	—	절개	절개	요철	절개	—	—	절개
절입부 혹은 요철부의 길이 방향 기준으로의 배치 비율 (%)	—	80	80	100	80	—	—	80
절입부 혹은 요철부 깊이 (㎜)	—	1	1	0.1	1	—	—	1
구성 요소[D]의 구성	—	PPg1 2층	PPg1 2층	PPg1 2층	PPg1 2층	—	PPg1 2층	PPg1 2층
구성 요소[D]의 두께 (㎜)	—	0.4	0.4	0.4	0.4	—	0.4	0.4
구성 요소[D]의 길이 방향 기준으로의 배치 비율 (%)	—	100	100	100	100	—	100	100
각부 R (㎜)	—	3	3	3	3	—	3	3
구성 요소[D]에의 구성 요소[B] 강화 섬유의 관통 길이 (㎛)	—	11	11	11	11	—	11	11
구성 요소[D]의 위치 정밀도	—	S	S	S	A	—	B	B
중공부의 형상	—	—	삼각형	삼각형	—	—	—	—
중공부의 직경 (㎜)	—	—	3㎜	3㎜	—	—	—	—
구성 요소[E]의 유무	—	—	PPg1 1층	PPg1 1층	—	—	—	—
구성 요소[E]의 두께(㎜)	—	—	0.2	0.2	—	—	—	—

[0209]

부호의 설명

[0210] 1: 회전익의 일례

2: 회전익이 회전할 때의 중앙축

3: 중앙축과 회전익의 선단부까지의 거리

4: 중앙축과 회전축의 선단부까지의 거리의 중앙

5: 회전익의 길이 방향

6: 회전익의 횡단면의 일례

7: 회전익의 표면을 구성하는 스킨

8: 회전익의 내부를 구성하는 코어

9: 보강부

10: 단차

11: 절개부

12: 절개부 길이

13: 전방 가장자리

14: 후방 가장자리

15: 길이 방향의 절개부의 예

16: 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선

17: 전방 가장자리와 후방 가장자리를 연결하는 직선의 중앙, 또한 직교하는 단면

18: 연속부(빔부)

19: 접합부

20: 접합부의 각도

21: 중공부

22: 내부 보강층

23: 중공부의 형상예

24: 구성 요소[A]의 매트릭스 수지

25: 구성 요소[B]의 공극

26: 구성 요소[B]의 강화 섬유

27: 구성 요소[B]의 수지

28: 구성 요소[A]의 매트릭스 수지를 관통하는 구성 요소[B]의 강화 섬유

29: 구성 요소[B]의 강화 섬유의 관통 길이

30: 단섬유

31: 요철부

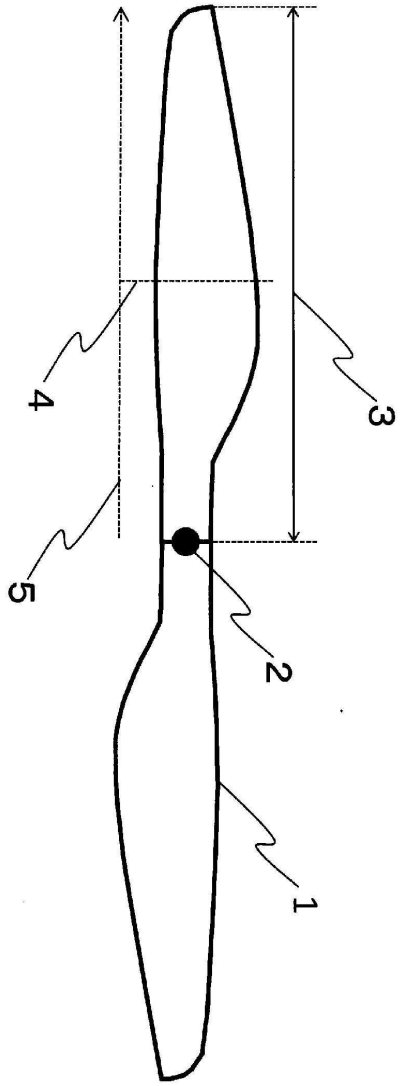
32: 요철부의 거리

33: 구성 요소[A]와 구성 요소[B]의 매크로한 경계

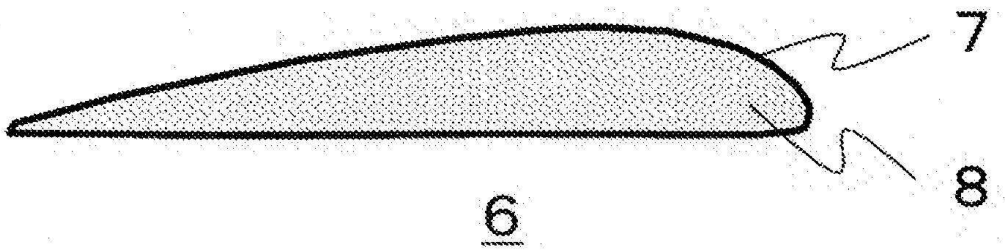
34: 다공질체를 등체적으로 3분할했을 때의 분할선

도면

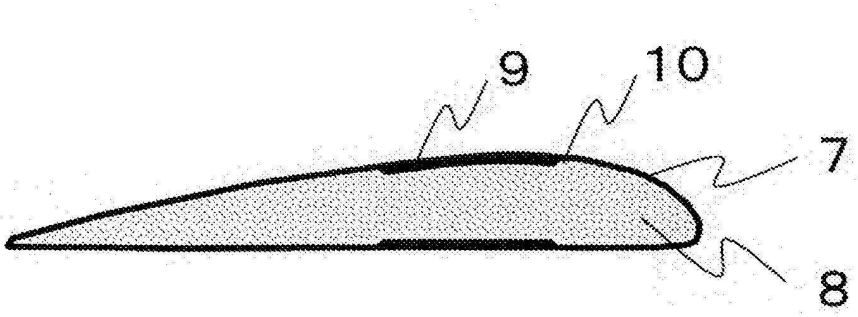
도면1



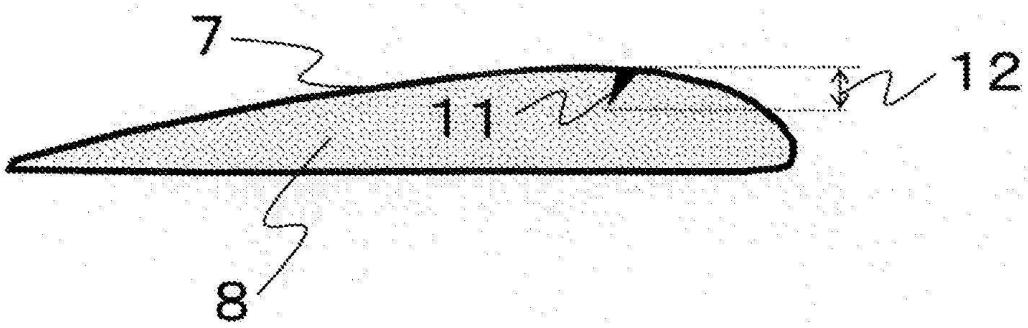
도면2



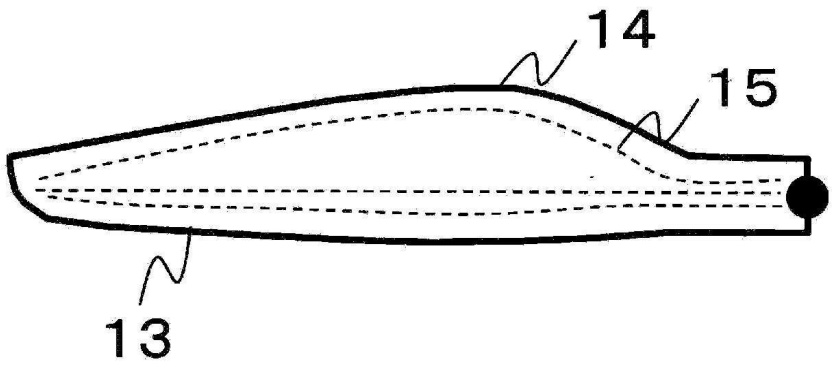
도면3



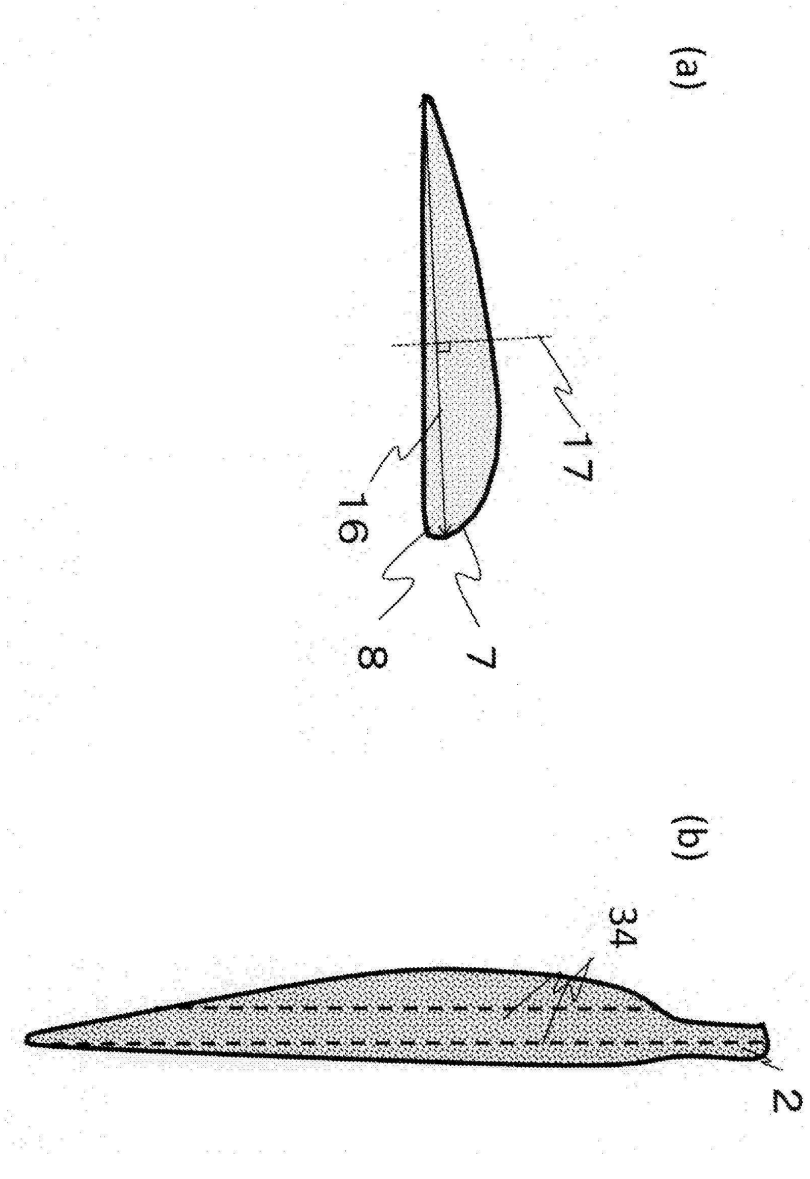
도면4



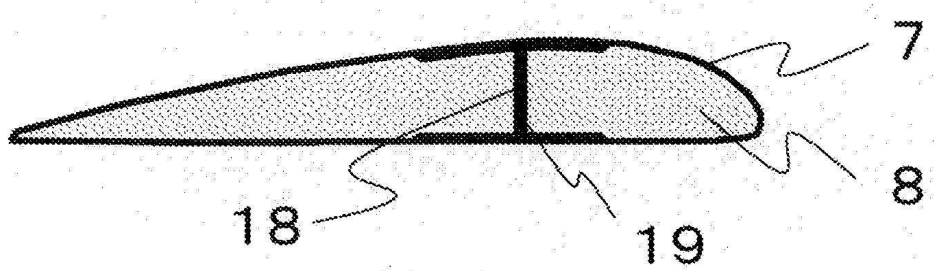
도면5



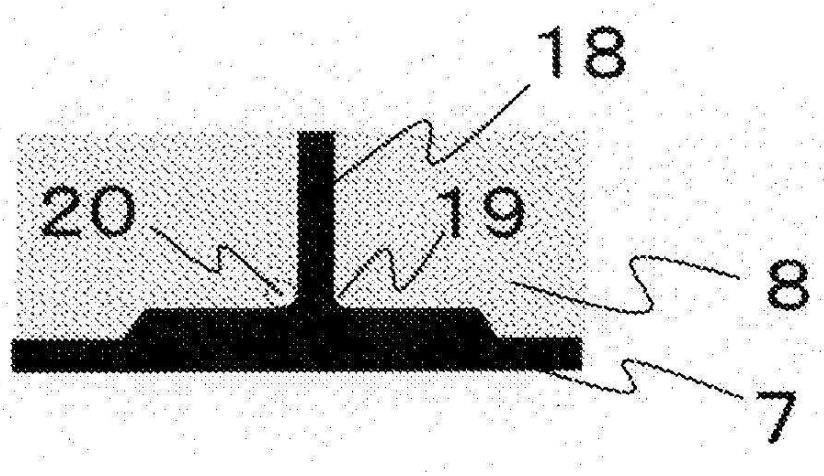
도면6



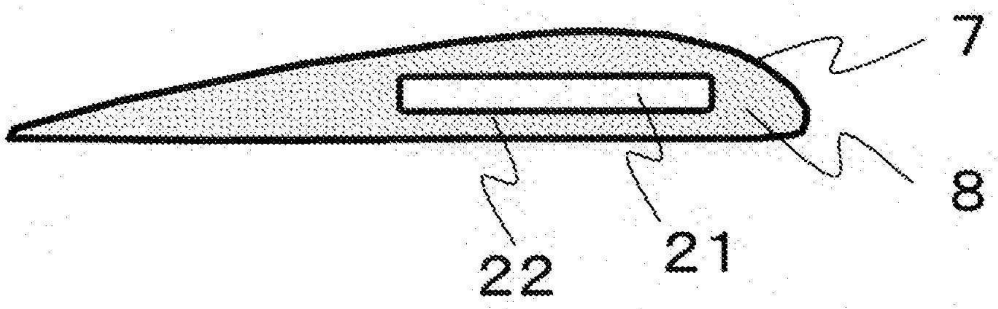
도면7



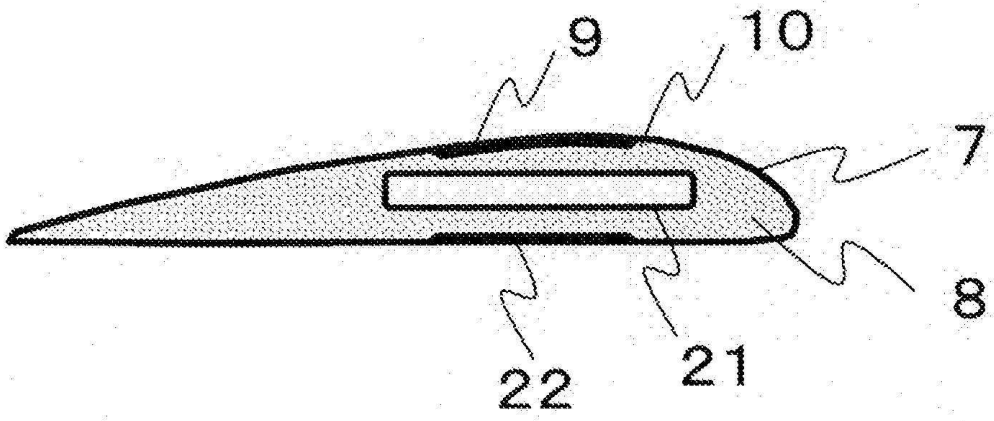
도면8



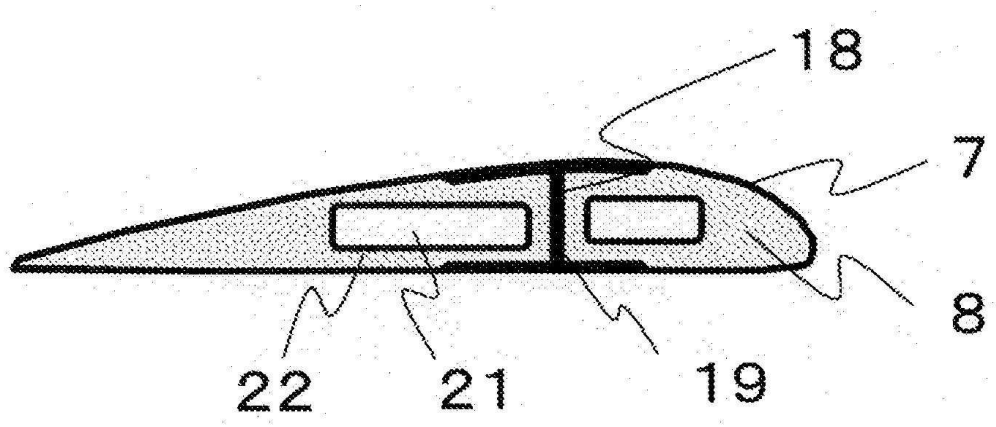
도면9



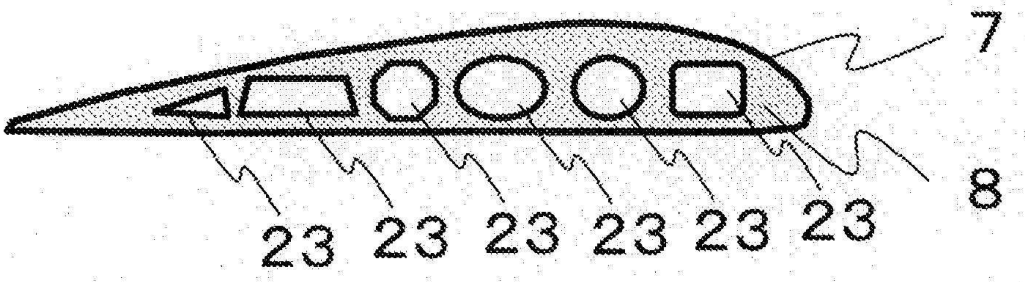
도면10



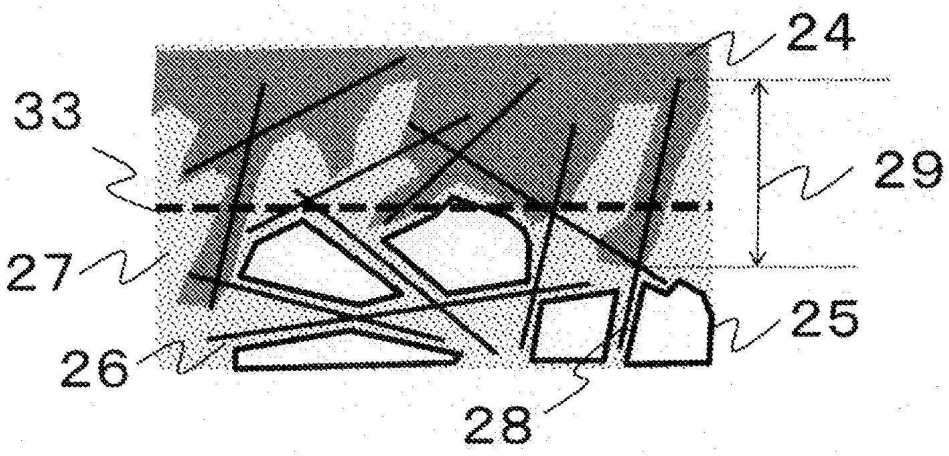
도면11



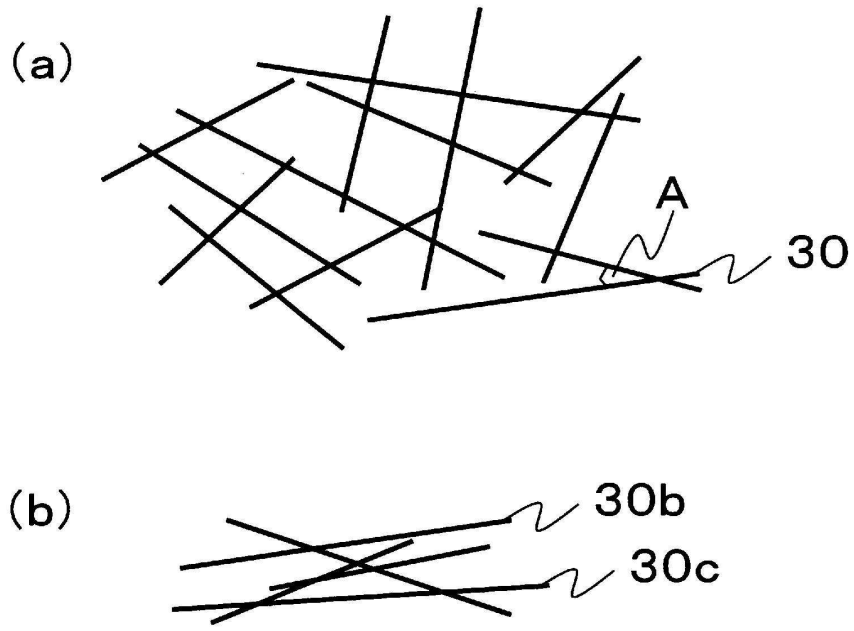
도면12



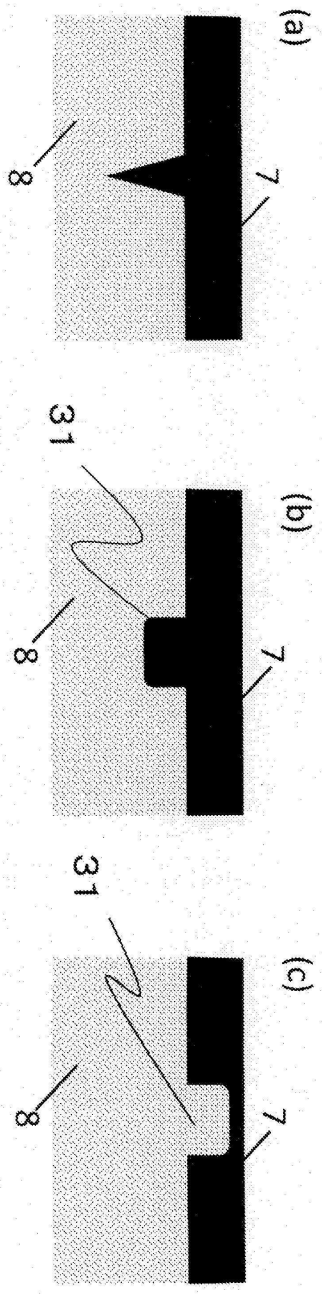
도면13



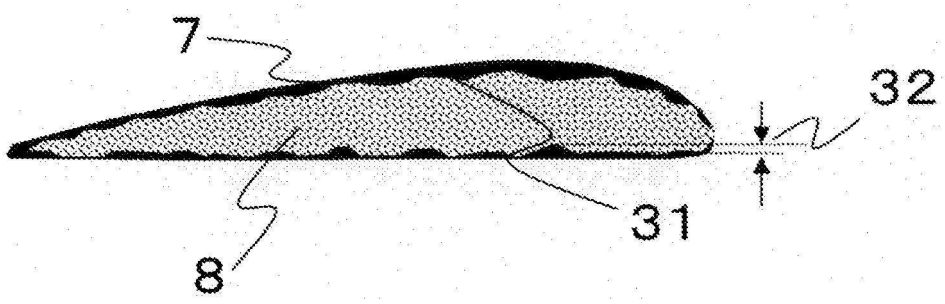
도면14



도면15



도면16



도면17

