



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월14일
(11) 등록번호 10-2477730
(24) 등록일자 2022년12월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 25/06 (2006.01) F01D 25/00 (2006.01)
F01D 5/26 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)
F04D 29/38 (2006.01) F04D 29/66 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F01D 25/06 (2013.01)
F01D 25/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7014663
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월14일
심사청구일자 2020년05월22일
- (85) 번역문제출일자 2020년05월22일
- (65) 공개번호 10-2020-0072537
- (43) 공개일자 2020년06월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/046117
- (87) 국제공개번호 WO 2019/117290
국제공개일자 2019년06월20일
- (30) 우선권주장
JP-P-2017-240975 2017년12월15일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP09217601 A*
JP2007270842 A*
JP2009023163 A*
JP2013231402 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
미즈비시 파워 가부시키키가이샤
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1
- (72) 발명자
아즈마 도시히코
일본 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16-5 미즈비시
쥬고교 가부시키키가이샤 내
우메하라 류이치
일본 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16-5 미즈비시
쥬고교 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 6 항

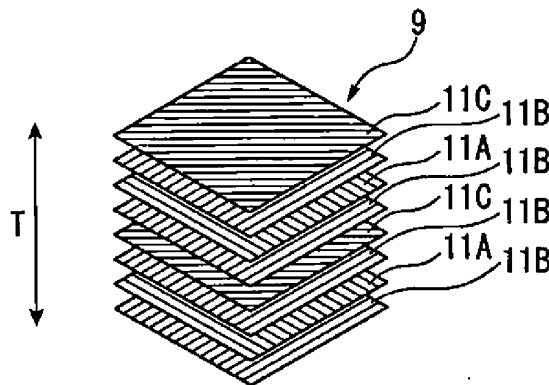
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 회전 기계

(57) 요약

회전 기계는, 축선 주위로 회전하는 회전축과, 축선의 둘레방향으로 간격을 두고 복수 마련된 날개로 이루어지는 익열을 구비한다. 각 날개는, 복수의 섬유 시트(11)를 적층시켜서 이루어지는 섬유 적층체(9)와, 섬유 적층체(9)를 함침하여 날개의 외형을 형성하는 수지를 갖는다. 익열에 있어서의 적어도 2개의 날개는 각각의 섬유 적층체(9)가 서로 상이한 구조를 이룬다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

F01D 5/26 (2013.01)

F01D 5/28 (2013.01)

F04D 29/38 (2013.01)

F04D 29/661 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

축선 주위로 회전하는 회전축과,
 상기 축선의 둘레방향으로 간격을 두고 복수 마련된 날개로 이루어지는 익열을 구비하고,
 각 상기 날개는,
 섬유 방향이 서로 상이한 복수의 섬유 시트를 적층시켜서 이루어지는 섬유 적층체와,
 상기 섬유 적층체를 함침하여 상기 날개의 외형 전체를 형성하는 수지만으로 이루어지며,
 상기 익열을 구성하는 복수의 상기 날개 중 적어도 2개의 상기 날개에서 상기 섬유 적층체에 포함되는 복수의 섬유 시트의 비율을 서로 상이하게 함으로써, 상기 적어도 2개의 날개에 있어서의 고유 진동수를 서로 상이하게 하고,
 상기 익열을 구성하는 상기 복수의 날개의 고유 진동수의 편차는, 표준 편차가 1% 이상이 되도록, 흩어져 있는 회전 기계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 복수의 상기 날개는 동일한 외형을 이루고 있는 회전 기계.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는,
 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 방향이 상이한 회전 기계.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는,
 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 종류가 상이한 회전 기계.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는,
 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 직경이 상이한 회전 기계.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 날개는, 상기 회전축의 회전에 따라, 상기 축선 주위로 회전함으로써, 기체를 압축하는 압축기 동적인 회전 기계.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회전 기계에 관한 것이다.

[0002] 본원은 2017년 12월 15일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제 2017-240975 호에 근거하여 우선권을 주장하며, 이 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

[0003] 가스 터빈, 제트 엔진 등과 같이 유체의 에너지를 복수의 날개를 거쳐서 회전 운동으로 변환하는 회전 기계에서는, 기동 중이나 고부하 운전시에 플러터라 하는 진동 현상이 발생하는 일이 있다. 한편, 경량화를 도모하기 위해서 날개를 탄소 섬유 강화 플라스틱(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)에 의해 형성하는 기술도 알려져 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조). 이와 같은 날개의 경량화·장익화(長翼化)에 의해 플러터에 대한 내성이 중요해지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제 2013-231402 호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 플러터에 대한 내성을 높이려면 날개 자체의 강성을 높이는 것이 필요해진다. 날개의 강성을 높이는 방법으로서, 날개의 두께를 늘리거나, 날개의 코드 길이를 길게 하는 방법을 생각할 수 있다. 그렇지만, 이와 같은 방법을 이용한 경우에는 공력 성능에 영향을 미치기 때문에, 날개의 형상을 변경하는 일이 없이 내플러터성을 향상시키는 방법이 요구된다.

[0006] 본 발명은 익열의 진동 응력을 저감할 수 있는 회전 기계를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제 1 태양에 의하면, 회전 기계는 축선 주위로 회전하는 회전축과, 상기 축선의 둘레방향으로 간격을 두고 복수 마련된 날개로 이루어지는 익열을 구비하고, 각 상기 날개는, 복수의 섬유 시트를 적층시켜서 이루어지는 섬유 적층체와, 상기 섬유 적층체를 함침하여 상기 날개의 외형을 형성하는 수지를 가지며, 상기 익열에 있어서 적어도 2개의 상기 날개가, 각각의 섬유 적층체가 서로 상이한 구조를 이룬다.

[0008] 회전 기계의 운전중은, 날개는 날개 주위를 흐르고 있는 유체에 의해 여진되어 진동 응력이 발생하고 있다.

[0009] 익열에 있어서 적어도 2개의 날개가, 각각의 섬유 구조체가 서로 상이한 구조를 이루고 있기 때문에, 익열의 진동 모드는 유체에 의한 여진 모드와 일치하는 것이 없어진다. 이와 같은 구성에 의하면, 익열의 진동 모드와 날개를 여진시키는 여진 모드가 일치하는 것이 없어지기 때문에, 익열의 진동 응력을 저감할 수 있다.

[0010] 상기 회전 기계에 있어서, 복수의 상기 날개는 동일한 외형을 이루어도 좋다.

[0011] 이와 같은 구성에 의하면, 복수의 날개의 형상을 동일하게 하면서, 날개의 고유 진동수를 상이한 것으로 할 수 있기 때문에, 공력 성능에 영향을 미치는 일이 없이, 익열의 진동 응력을 저감할 수 있다.

[0012] 상기 회전 기계에 있어서, 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는, 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이

상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 방향이 상이하여도 좋다.

[0013] 이와 같은 구성에 의하면, 용이하게 날개의 형상을 동일하게 할 수 있다.

[0014] 상기 회전 기계에 있어서, 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는, 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 종류가 상이하여도 좋다.

[0015] 이와 같은 구성에 의하면, 섬유 방향을 변경하는 일이 없이, 날개의 구조를 상이하게 할 수 있다.

[0016] 상기 회전 기계에 있어서, 서로 상이한 구조를 이루는 상기 섬유 적층체는, 상기 복수의 섬유 시트 중, 1층 이상의 상기 섬유 시트의 일부의 섬유 직경이 상이하여도 좋다.

[0017] 이와 같은 구성에 의하면, 섬유 방향을 변경하는 일이 없이, 날개의 구조를 상이하게 할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 태양에 의하면, 익열의 진동 응력을 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 제 1 실시형태의 제트 엔진의 개략 구성을 도시하는 구성도이다.

도 2는 본 발명의 제 1 실시형태의 압축기의 정면도이다.

도 3은 본 발명의 제 1 실시형태의 동익의 단면도이다.

도 4a는 0° 방향 섬유 시트의 평면도이다.

도 4b는 90° 방향 섬유 시트의 평면도이다.

도 4c는 45° 방향 섬유 시트의 평면도이다.

도 4d는 -45° 방향 섬유 시트의 평면도이다.

도 5는 제 1 동익의 섬유 적층체를 구성하는 섬유 시트의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다.

도 6은 제 2 동익의 섬유 적층체를 구성하는 섬유 시트의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다.

도 7은 4종류의 섬유 적층체를 구성하는 섬유 시트의 비율에 대해서 설명하는 그래프이다.

도 8은 4종류의 섬유 적층체의 T1 모드(비틀림 모드)의 진동수 변화를 나타내는 그래프이다.

도 9는 4종류의 섬유 적층체의 B1 모드(날개 높이방향의 휨 모드)의 진동수 변화를 나타내는 그래프이다.

도 10a는 횡축을 날개의 진동수, 종축을 댐핑(공력 감쇠)으로 하고, 날개의 각 절의 직경 모드를 날개의 매수분 플롯한 그래프이며, 날개의 진동수에 편차가 없는 튜계의 그래프이다.

도 10b는 횡축을 날개의 진동수, 종축을 댐핑(공력 감쇠)으로 하고, 날개의 각 절의 직경 모드를 날개의 매수분 플롯한 그래프이며, 날개의 진동수의 편차가 중의 미스튜계의 그래프이다.

도 10c는 횡축을 날개의 진동수, 종축을 댐핑(공력 감쇠)으로 하고, 날개의 각 절의 직경 모드를 날개의 매수분 플롯한 그래프이며, 날개의 진동수의 편차가 대의 랜덤 미스튜계의 그래프이다.

도 11은 본 발명의 제 1 실시형태의 변형예의 제 2 동익의 섬유 적층체를 구성하는 섬유 시트의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다.

도 12는 본 발명의 제 2 실시형태의 제 2 동익의 섬유 적층체를 구성하는 섬유 시트의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다.

도 13은 본 발명의 제 4 실시형태의 압축기의 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] [제 1 실시형태]

[0021] 이하, 본 발명의 제 1 실시형태의 회전 기계에 대해서 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0022] 이하의 설명에서는, 본 발명을 제트 엔진(항공기용 가스 터빈)에 적용한 경우에 대해서 설명하지만, 본 발명은 축선 주위로 회전하는 회전축과, 축선의 둘레방향으로 간격을 두고 복수 마련된 날개로 이루어지는 익열을 구비한 다른 회전 기계, 예를 들면, 발전용 가스 터빈에 대해서도 적용할 수 있다.
- [0023] 도 1에 도시하는 바와 같이, 본 실시형태의 제트 엔진(100)은 항공기의 추진력을 얻기 위한 것이다. 이 제트 엔진(100)은 주로 압축기(1)와, 연소실(20)과, 터빈(30)을 구비하고 있다.
- [0024] 압축기(1)는 흡기 덕트(13)로부터 취입된 공기를 압축하는 것에 의해 고압 공기를 생성한다. 도 1 및 도 2에 도시하는 바와 같이, 압축기(1)는 압축기 로터(3)와, 압축기 케이싱(2)을 구비하고 있다. 압축기 케이싱(2)은 압축기 로터(3)를 외주축으로부터 덮고 있으며, 축선(A)을 따라서 연장되어 있다.
- [0025] 압축기 로터(3)의 외주면에는, 축선(A) 방향으로 간격을 두고 배열된 복수의 압축기 동익열(5)이 마련되어 있다. 압축기 동익열(5)은 복수의 압축기 동익(6)을 각각 구비하고 있다.
- [0026] 각 압축기 동익열(5)의 압축기 동익(6)은 압축기 로터(3)의 외주면 상에서 축선(A)의 둘레방향으로 간격을 두고 배열되어 있다.
- [0027] 압축기 케이싱(2)의 내주면에는, 축선(A) 방향으로 간격을 두고 배열된 복수의 압축기 정익열(15)이 마련되어 있다. 이들 압축기 정익열(15)은, 축선(A) 방향으로 압축기 동익열(5)과 교대로 배치되어 있다. 이들 압축기 정익열(15)은, 복수의 압축기 정익(16)을 각각 구비하고 있다. 각 압축기 정익열(15)의 압축기 정익(16)은, 압축기 케이싱(2)의 내주면 상에서 축선(A)의 둘레방향으로 간격을 두고 배열되어 있다.
- [0028] 연소실(20)은, 압축기(1)에서 생성된 고압 공기에 연료(F)를 혼합하고 연소시키는 것에 의해, 연소 가스(G)를 생성한다. 연소실(20)은, 케이싱(2)과 터빈(30)의 터빈 케이싱(32) 사이에 마련되어 있다. 연소실(20)에 의해 생성된 연소 가스(G)는 터빈(30)에 공급된다.
- [0029] 터빈(30)은, 연소실(20)에서 생성된 고온 고압의 연소 가스(G)에 의해 구동된다. 보다 구체적으로는, 터빈(30)은 고온 고압의 연소 가스(G)를 팽창시키고, 연소 가스(G)의 열 에너지를 회전 에너지로 변환한다. 터빈(30)은 터빈 로터(31)와, 터빈 케이싱(32)을 구비하고 있다.
- [0030] 터빈 로터(31)는 축선(A)을 따라서 연장되어 있다. 이 터빈 로터(31)의 외주면에는, 축선(A) 방향으로 간격을 두고 배열된 복수의 터빈 동익열(33)이 마련되어 있다. 이들 터빈 동익열(33)은, 복수의 터빈 동익(34)을 각각 구비하고 있다. 각 터빈 동익열(33)의 터빈 동익(34)은, 터빈 로터(31)의 외주면 상에서 축선(A)의 둘레방향으로 간격을 두고 배열되어 있다.
- [0031] 터빈 케이싱(22)은 터빈 로터(31)를 외주축으로부터 덮고 있다. 이 터빈 케이싱(22)의 내주면에는, 축선(A) 방향으로 간격을 두고 배열된 복수의 터빈 정익열(35)이 마련되어 있다. 터빈 정익열(35)은 축선(A) 방향으로 상기 터빈 동익열(33)과 교대로 배치되어 있다. 이들 터빈 정익열(35)은 복수의 터빈 정익(36)을 각각 구비하고 있다. 각 터빈 정익열(35)의 터빈 정익(36)은, 터빈 케이싱(22)의 내주면 상에서 축선(A)의 둘레방향으로 간격을 두고 배열되어 있다.
- [0032] 압축기 로터(3)와 터빈 로터(31)는, 축선(A) 방향으로 일체로 접속되어 있다. 이들 압축기 로터(3)와 터빈 로터(31)에 의해, 가스 터빈 로터(91)가 구성되어 있다. 마찬가지로, 압축기 케이싱(12)과 터빈 케이싱(22)은, 축선(A)을 따라서 일체로 접속되어 있다. 이들 압축기 케이싱(12)과 터빈 케이싱(22)에 의해 가스 터빈 케이싱(92)이 구성되어 있다.
- [0033] 가스 터빈 로터(91)는 가스 터빈 케이싱(92)의 내부에서 축선(A) 주위로 일체로 회전 가능하게 되어 있다.
- [0034] 압축기 동익(6)(이하, 동익(6)이라 함)은, 주로 탄소 섬유 강화 플라스틱(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)에 의해 형성되어 있다. CFRP는 복수의 탄소 섬유로 이루어지는 섬유 시트를 적층시켜서 이루어지는 섬유 적층체와, 섬유 적층체를 함침하는 수지를 갖고 있다. 수지는 동익의 외형을 형성하고 있다.
- [0035] 섬유 시트를 구성하는 각각의 탄소 섬유는 섬유 방향이 정렬되어 있다. 즉, 섬유 시트는, 섬유 시트를 구성하는 복수의 탄소 섬유의 연장방향이 동일하게 되도록 형성되어 있다.
- [0036] 또한, 섬유 적층체에 함침시키는 수지로서는, 자외선 경화성 수지나 열경화성 수지 등이 이용되고 있다.
- [0037] 도 3에 도시하는 바와 같이, 동익(6)은 심재(8)와, 심재(8)를 덮는 섬유 적층체(9)와, 섬유 적층체(9)를 함침하여 동익(6)의 외형을 형성하는 수지(10)를 갖고 있다. 섬유 적층체(9)는, 복수의 섬유 시트(11)를 적층시켜서

이루어지며, 섬유 시트(11)와 심재(8)의 면이 면접촉하도록 배치되어 있다.

- [0038] 심재(8)는 동익(6)의 날개 두께방향(T)의 중심에 배치되어 있다.
- [0039] 이하, 섬유 적층체(9)를 구성하는 섬유 시트(11)의 섬유 방향에 대해서 정의한다.
- [0040] 도 4a에 도시하는 바와 같이, 섬유 시트(11)를 평면에서 보았을 때에, 소정의 일방향(D)을 따라서 탄소 섬유가 연장되어 있는 섬유 시트(11)를 0° 방향 섬유 시트(11A)라 정의한다.
- [0041] 도 4b에 도시하는 바와 같이, 0° 방향 섬유 시트(11A)의 탄소 섬유에 대하여 90°의 각도로 교차하는 방향으로 탄소 섬유가 연장되어 있는 섬유 시트(11)를 90° 방향 섬유 시트(11B)라 정의한다. 즉, 0° 방향 섬유 시트(11A)의 탄소 섬유와, 90° 방향 섬유 시트(11B)의 탄소 섬유는 대략 직교하고 있다.
- [0042] 도 4c에 도시하는 바와 같이, 0° 방향 섬유 시트(11A)의 탄소 섬유에 대하여 45°의 각도로 교차하는 방향으로 탄소 섬유가 연장되어 있는 섬유 시트(11)를 45° 방향 섬유 시트(11C)라 정의한다.
- [0043] 도 4d에 도시하는 바와 같이 0° 방향 섬유 시트(11A)의 탄소 섬유에 대하여 -45°의 각도로 교차하는 방향으로 탄소 섬유가 연장되어 있는 섬유 시트(11)를 -45° 방향 섬유 시트(11D)라 정의한다. 즉, 45° 방향 섬유 시트(11C)의 탄소 섬유와, -45° 방향 섬유 시트(11D)의 탄소 섬유는 대략 직교하고 있다.
- [0044] 도 2에 도시하는 바와 같이, 본 실시형태의 압축기 동익열(5)(이하, 동익열(5)이라 함)은, 제 1 구조를 이루는 복수의 제 1 동익(6A)(베이스 동익)과, 제 1 구조와 상이한 구조인 제 2 구조를 이루는 복수의 제 2 동익(6B)을 갖고 있다. 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)은 둘레방향으로 엇갈려서 배치되어 있다. 즉, 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)은 둘레방향으로 서로 인접하도록 배치되어 있다. 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)은 동일한 외형을 이루고 있다. 즉, 제 1 동익(6A)의 외형을 형성하는 수지(10)와 제 2 동익(6B)의 외형을 형성하는 수지(10)는 동일한 형상이다.
- [0045] 도 5는 동익열(5)을 구성하는 복수의 동익(6) 중, 제 1 동익(6A)의 섬유 적층체(9)를 구성하는 섬유 시트(11)의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다. 섬유 적층체(9)는, 복수의 0° 방향 섬유 시트(11A)와, 복수의 90° 방향 섬유 시트(11B)를 갖고 있다. 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B)는, 날개 두께 방향(T)으로 교대로 적층되어 있다.
- [0046] 즉, 제 1 동익(6A)의 섬유 적층체(9)는, 날개 두께 방향(T)으로 인접하는 섬유 시트(11)의 탄소 섬유끼리가 직교하고 있다.
- [0047] 도 6은 동익열(5)을 구성하는 복수의 동익(6) 중, 제 2 동익(6B)의 섬유 적층체(9)를 구성하는 섬유 시트(11)의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다. 섬유 적층체(9)는 복수의 0° 방향 섬유 시트(11A)와, 복수의 90° 방향 섬유 시트(11B)와, 45° 방향 섬유 시트(11C)를 갖고 있다. 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B)는 교대로 적층되어 있으며, 어느 하나의 섬유 시트(11)가 45° 방향 섬유 시트(11C)로 변경되어 있다.
- [0048] 제 2 동익(6B)의 섬유 적층체(9)가 45° 방향 섬유 시트(11C)를 갖는 것에 의해, 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)은, 각각의 섬유 적층체(9)가 서로 상이한 구조를 이룬다.
- [0049] 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)은 상이한 구조이기 때문에, 제 1 동익(6A)의 고유 진동수와 제 2 동익(6B)의 고유 진동수는 상이하다. 즉, 동익열(5)을 구성하는 동익(6)의 고유 진동수에 편차가 있는 상태이기 때문에, 동익열(5)은 소위 미스툰 상태가 된다.
- [0050] 제트 엔진의 운전중은 동익(6)은 동익(6) 주위를 흐르고 있는 공기에 의해 여진되어, 진동 응력이 발생하고 있다. 동익(6)은 둘레방향으로 등간격으로 배치되어 있기 때문에, 여진 모드는 둘레방향으로 등간격이 된다.
- [0051] 한편, 본 실시형태의 동익열(5)을 구성하는 복수의 동익(6)은 고유 진동수가 다른 동익(6)이 엇갈려 배열되어 있기 때문에, 동익열(5)의 진동 모드는 둘레방향으로 등간격으로 되지 않는다.
- [0052] 상기 실시형태에 의하면, 동익열(5)의 진동 모드와 동익(6)을 여진시키는 여진 모드가 일치하는 일이 없어지기 때문에, 동익열(5)의 진동 응력을 저감할 수 있다.
- [0053] 또한, 복수의 동익(6)의 형상을 동일하게 하면서, 동익(6)의 고유 진동수를 상이하게 할 수 있기 때문에, 공력 성능에 영향을 미치는 일이 없이 동익열(5)의 진동 응력을 저감할 수 있다.
- [0054] 또한, 섬유 방향을 상이하게 하는 것에 의해, 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)의 구조를 상이하게 함으로써, 용

이하계 형상을 동일하게 할 수 있다.

- [0055] 또한, 베이스 날개인 제 1 동익(6A)의 구조와 상이한 구조인 상기 실시형태의 제 2 동익(6B)은 0° 방향 섬유 시트(11A), 90° 방향 섬유 시트(11B) 및 45° 방향 섬유 시트(11C)의 3종의 섬유 시트(11)에 의해 구성되어 있지만, 이것으로 한정되는 일은 없다.
- [0056] 예를 들면, 0° 방향 섬유 시트(11A), 90° 방향 섬유 시트(11B), 45° 방향 섬유 시트(11C)에 추가하여 -45° 방향 섬유 시트(11D)를 갖는 것으로 하면 좋다.
- [0057] 또한, 0° 방향 섬유 시트(11A), 90° 방향 섬유 시트(11B), 45° 방향 섬유 시트(11C), 및 -45° 방향 섬유 시트(11D)의 비율도 적절히 변경할 수 있다.
- [0058] 여기에서, 섬유 시트(11)의 비율을 변경하는 것에 의한 섬유 적층체(9)의 고유 진동수의 변화에 대해서, 4종류의 섬유 적층체(9)를 이용하여 설명한다. 도 7은 4종류의 섬유 적층체(9)를 구성하는 섬유 시트(11)의 비율에 대해서 설명하는 그래프이다.
- [0059] 4종류의 섬유 적층체(9) 중 제 1 섬유 적층체(9(I))는, 도 7에 도시하는 바와 같이, 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B)로 구성되어 있는 섬유 적층체(9)이다. 이들 비율은 0° 방향 섬유 시트(11A), 90° 방향 섬유 시트(11B)의 순서로 50:50이다. 제 1 섬유 적층체(9)는 45° 방향 섬유 시트(11C) 및 -45° 방향 섬유 시트(11D)(이하, ±45° 방향 섬유 시트라 함)는 갖고 있지 않다.
- [0060] 제 2 섬유 적층체(9(II))는, 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)로 구성되어 있는 섬유 적층체(9)이며, 이들 비율은, 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)의 순서로 25:25:25:25이다.
- [0061] 즉, 제 2 섬유 적층체(9(II))는, 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D) 및 90° 방향 섬유 시트(11B)를 동일한 비율로 갖고 있으며, ±45° 섬유 시트의 비율이 50%이다.
- [0062] 제 3 섬유 적층체(9(III))는, 제 2 섬유 적층체(9(II))와 마찬가지로, 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)로 구성되어 있는 섬유 적층체(9)이며, 이들 비율은 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)의 순서로 40:25:25:10이다.
- [0063] 즉, 제 3 섬유 적층체(9(III))는, ±45° 방향 섬유 시트의 비율이 50%이다.
- [0064] 제 4 섬유 적층체(9(IV))는 제 2 섬유 적층체(9(II))와 마찬가지로, 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)로 구성되어 있는 섬유 적층체(9)이며, 이들 비율은 0° 방향 섬유 시트(11A), 45° 방향 섬유 시트(11C), -45° 방향 섬유 시트(11D), 90° 방향 섬유 시트(11B)의 순서로, 50 : 20 : 20 : 10이다.
- [0065] 즉, 제 4 섬유 적층체(9(IV))는 ±45° 방향 섬유 시트의 비율이 40%이다.
- [0066] 도 8은 4종류의 섬유 적층체(9)의 T1 모드(비틀림 모드)의 진동수 변화를 나타내는 그래프이다. 도 8의 횡축은, 섬유 적층체(9)에 있어서의 ±45° 방향 섬유 시트의 비율이며, 종축은, ±45° 방향 섬유 시트의 비율이 0%의 제 1 섬유 적층체(9(I))를 기준으로 한 T1 모드의 진동수 변화이다.
- [0067] 도 8에 나타내는 바와 같이, 섬유 시트(11)의 비율을 변경하는 것에 의해, T1 모드의 진동수를 변화시킬 수 있다.
- [0068] 도 9는 4종류의 섬유 적층체(9)의 B1 모드(날개 높이 방향의 굽힘 모드)의 진동수 변화를 나타내는 그래프이다. 도 9의 횡축은 섬유 적층체(9)에 있어서의 ±45° 방향 섬유 시트의 비율이며, 종축은, ±45° 방향 섬유 시트의 비율이 0%의 제 1 섬유 적층체(9(I))를 기준으로 한 B1 모드의 진동수 변화이다.
- [0069] 도 9에 나타내는 바와 같이, 섬유 시트(11)의 비율을 변경하는 것에 의해, B1 모드의 진동수를 변화시킬 수 있다.
- [0070] 또한, 동익열(5) 중에 상이한 섬유 방향의 동익(6)을 1매 이상 넣는 것에 의해, 공력 성능에 영향을 미치는 일이 없이, 절직경마다 상이한 공력 감쇠를 평균화시킬 수 있다. 즉, 섬유 방향을 변경하는 것에 의해, 고유 진동수에 편차를 부여할 수 있다.

- [0071] 도 10은 횡축을 날개의 진동수, 종축을 댐핑(공력 감쇠)으로 하고, 날개의 각 절의 직경 모드(진행파와 후퇴파)를 날개의 매수분 플롯한 그래프이다. 도 10a는 날개의 진동수에 편차가 없는 튜계의 그래프이다. 도 10b는 날개의 진동수의 편차가 중(단독 날개의 고유 진동수의 표준 편차가 1%)의 그래프이다. 도 10c는 날개의 진동수의 편차가 대(단독 날개의 고유 진동수의 표준 편차가 3%)의 랜덤 미스튜계의 그래프이다.
- [0072] 도 10a에 나타내는 튜계에 대하여, 도 10b 및 도 10c에 나타내는 바와 같은 미스튜계로 하여 날개의 진동수에 편차를 부여하는 것에 의해, 공력 감쇠의 평균화가 가능해진다. 즉, 도 10b 및 도 10c에 나타내는 미스튜계의 경우, (1) 진동수는 분포가 흐트러지고, 그래프의 횡축 방향의 분포에 편차가 생기고, 그 결과, (2) 감쇠가 불안정(댐핑 0 이하)인 것이, 댐핑 0 이상이 되고, 안정된다.
- [0073] 즉, 미스튜계로 하는 것에 의해, 공력 감쇠의 평균화를 할 수 있는 동시에, 공력 감쇠를 크게 할 수 있다. 이에 의해, 공력 감쇠가 작고 강제 진동 응답이 컸던 진동을 작게 할 수 있다.
- [0074] 또한, 상기 실시형태에서는, 제 2 동익(6B)을 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 어느 하나의 섬유 시트(11)가 45° 방향 섬유 시트(11C)로 변경되어 있는 것으로 했지만, 이것으로 한정되는 일은 없다. 예를 들면, 도 11에 도시하는 변형예와 같이, 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 적어도 하나의 섬유 시트(11)의 일부의 섬유 각도를 변경하여도 좋다.
- [0075] 또한, 상기 실시형태에서는, 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B)가 교대로 적층되어 있으며, 어느 하나의 섬유 시트(11)가 45° 방향 섬유 시트(11C)로 변경되어 있는 구성이지만, 45° 방향 섬유 시트(11C)로 변경하는 섬유 시트(11)의 수는 1층에 한정되지 않으며 1층 이상으로 하여도 좋다.
- [0076] 또한, 상기 실시형태에서는, 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)을 둘레방향으로 엇갈리게 배치했지만, 이것으로 한정되는 일은 없으며, 로터(3)를 축선 방향으로부터 보았을 때에, 한쪽측의 영역에 제 1 동익(6A)을 배치하고, 반대측의 영역에 제 2 동익(6B)을 배치하는 등이면 좋다.
- [0077] 또한, 상기 실시형태에서는, 섬유 시트(11)를 구성하는 섬유를 탄소 섬유로 했지만, 이것에 한정되는 일은 없다. 예를 들면, 섬유 시트(11)를 구성하는 섬유를 유리 섬유, 아라미드 섬유, 세라믹 섬유, 알루미늄 섬유로 하여도 좋다.
- [0078] [제 2 실시형태]
- [0079] 이하, 본 발명의 제 2 실시형태의 동익열에 대해 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 또한, 본 실시형태에서는, 상술한 제 1 실시형태와의 상이점을 중심으로 설명하며, 동일한 부분에 대해서는 그 설명을 생략한다.
- [0080] 본 실시형태의 제 2 동익(6B)은, 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 어느 하나의 섬유 시트(11)가 섬유 종류가 상이한 섬유 시트(11)로 변경되어 있다.
- [0081] 도 12는 동익열을 구성하는 복수의 동익 중, 제 2 동익(6B)(도 2 참조)의 섬유 적층체(9B)를 구성하는 섬유 시트(11)의 섬유 방향을 설명하는 개략도이다. 본 실시형태의 섬유 적층체(9B)는, 복수의 0° 방향 섬유 시트(11A)와, 복수의 90° 방향 섬유 시트(11B)와, 섬유 종류가 상이한 0° 방향 섬유 시트(11E)를 갖고 있다.
- [0082] 예를 들면, 0° 방향 섬유 시트(11A) 및 90° 방향 섬유 시트(11B)를 PAN(폴리아크릴로니트릴)계 탄소 섬유에 의해 형성하며, 섬유 종류가 상이한 0° 방향 섬유 시트(11E)를 피치계 탄소 섬유로 형성할 수 있다.
- [0083] 상기 실시형태에 의하면, 섬유 방향을 변경하는 일이 없이, 제 1 동익(6A)과 제 2 동익(6B)의 구조를 상이하게 할 수 있다.
- [0084] 또한, 상기 실시형태에서는, 제 2 동익(6B)을 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 어느 하나의 섬유 시트(11)가 섬유 종류가 상이한 0° 방향 섬유 시트(11E)로 변경되어 있는 것으로 했지만, 이것에 한정되는 일은 없다. 예를 들면, 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 적어도 하나의 섬유 시트(11)의 일부의 섬유 종류를 변경하여도 좋다.
- [0085] [제 3 실시형태]
- [0086] 이하, 본 발명의 제 3 실시형태의 동익열에 대해 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 또한, 본 실시형태에서는, 상술한 제 2 실시형태와의 상이점을 중심으로 설명하며, 마찬가지로의 부분에 대해서는 그 설명을 생략한다.
- [0087] 본 실시형태의 제 2 동익(6B)은 교대로 적층된 0° 방향 섬유 시트(11A)와 90° 방향 섬유 시트(11B) 중 어느 하나의 섬유 시트(11)가 섬유 직경이 상이한 섬유 시트로 변경되어 있다.

11A : 0° 방향 섬유 시트

11C: 45° 방향 섬유 시트

13: 흡기 덕트

16: 압축기 정익

30: 터빈

32: 터빈 케이싱

92: 가스 터빈 케이싱

T: 날개 두께 방향

11B: 90° 방향 섬유 시트

11D: -45° 방향 섬유 시트

15: 압축기 정익열

20: 연소실

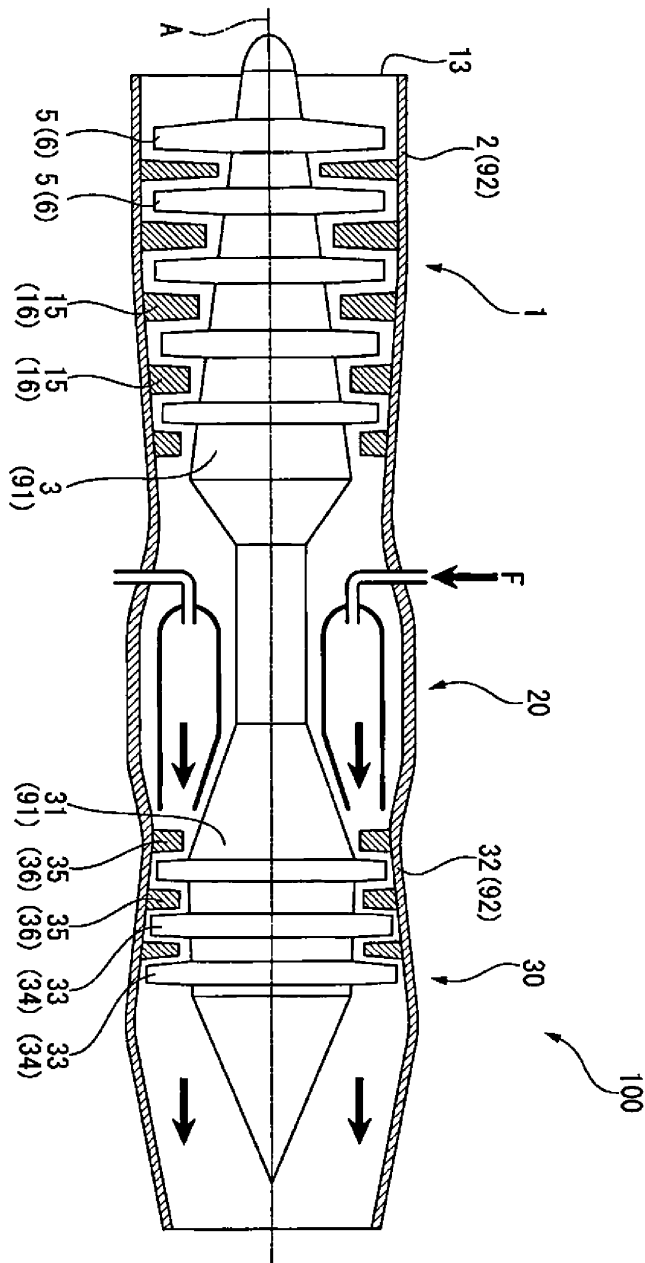
31: 터빈 로터

91: 가스 터빈 로터

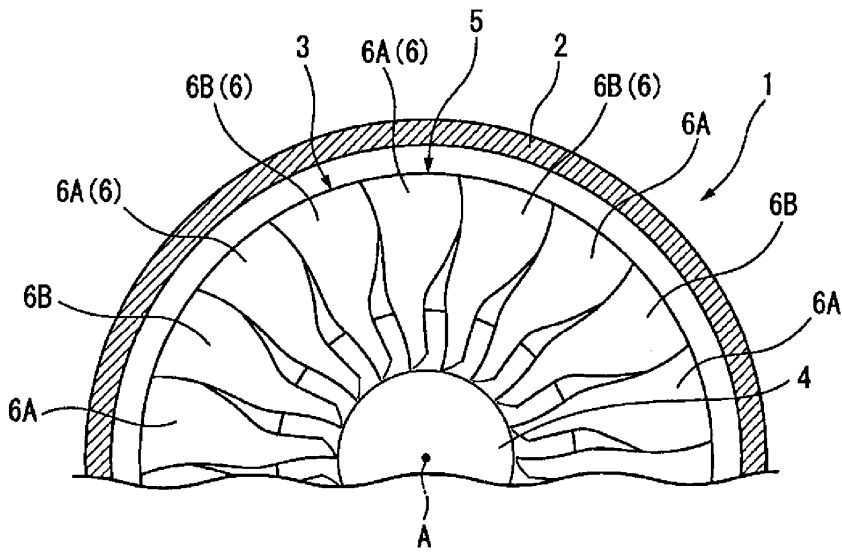
100: 제트 엔진

도면

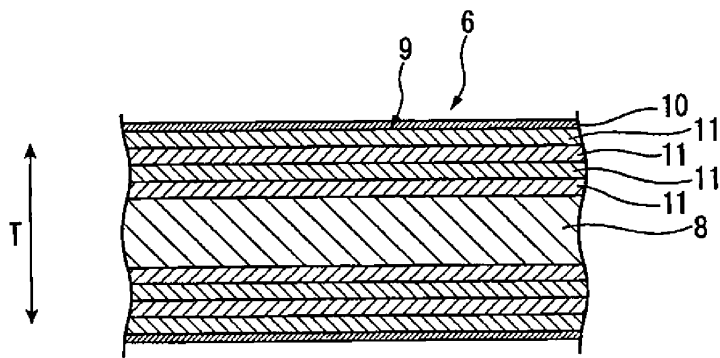
도면1



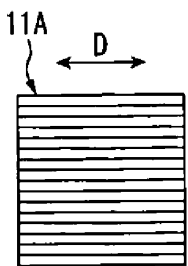
도면2



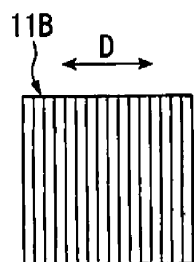
도면3



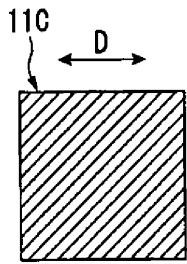
도면4a



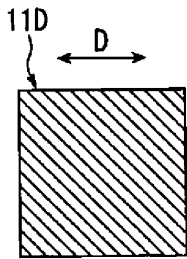
도면4b



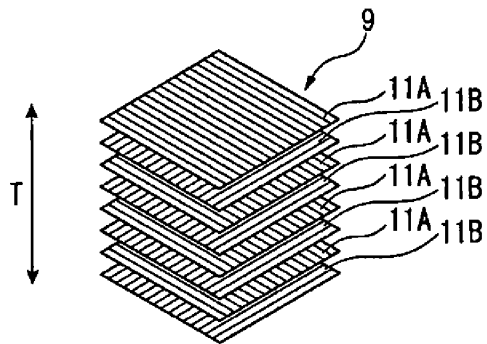
도면4c



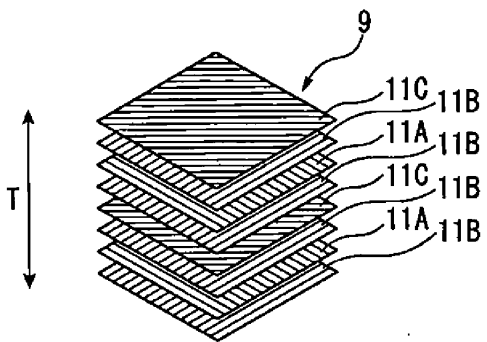
도면4d



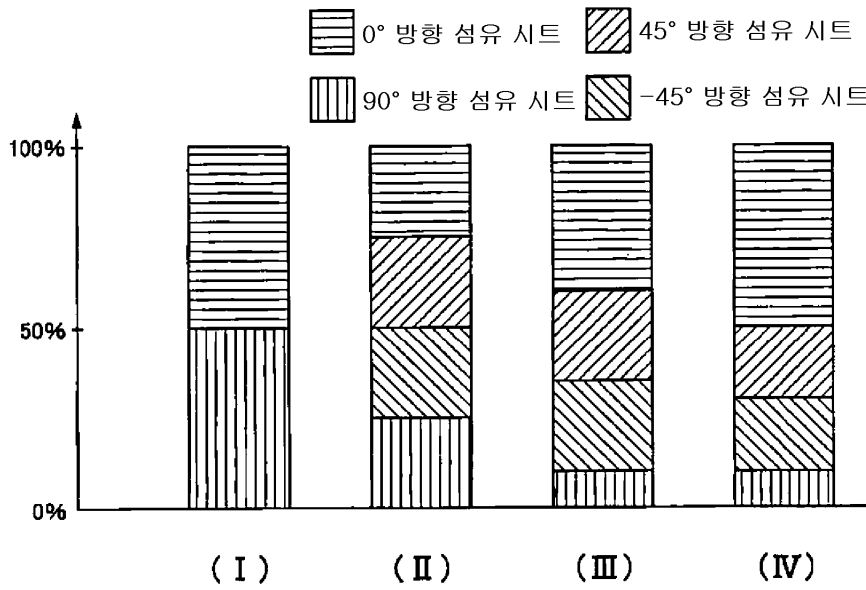
도면5



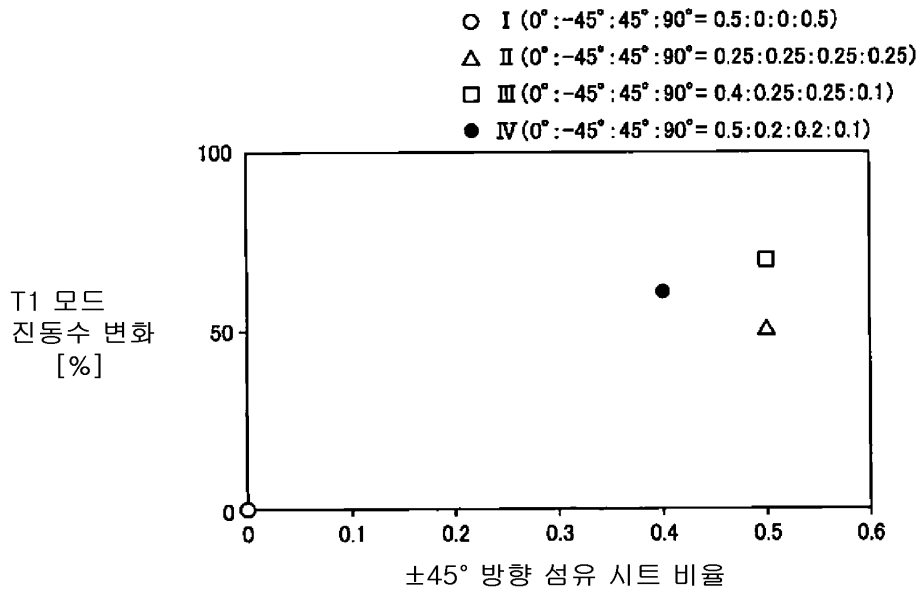
도면6



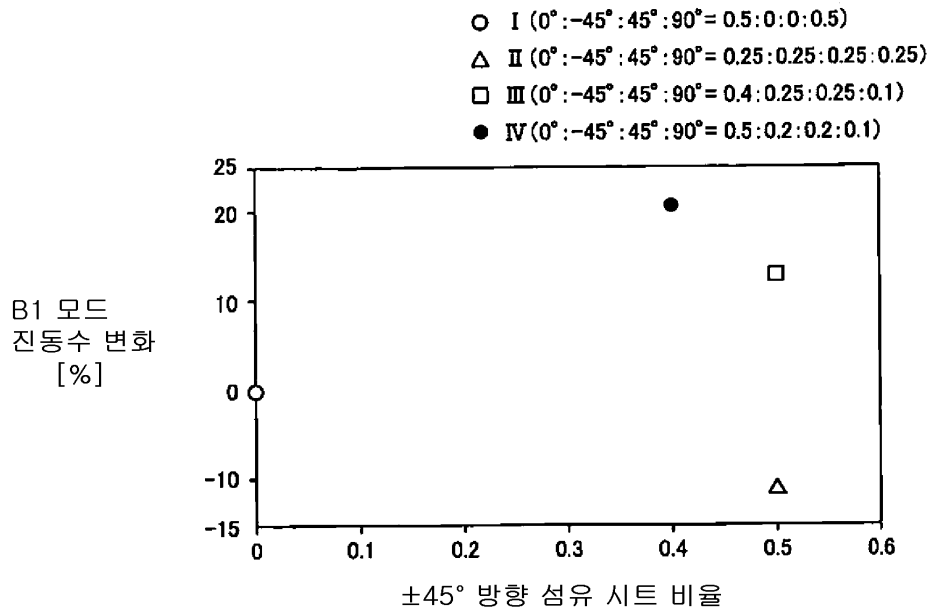
도면7



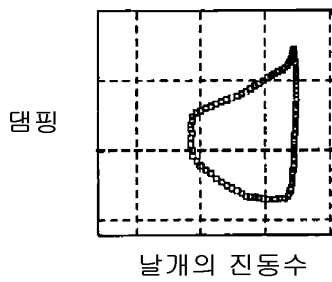
도면8



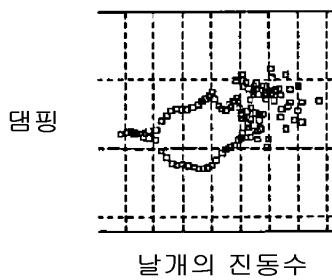
도면9



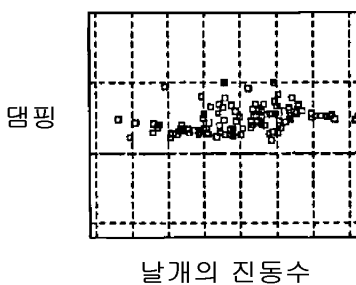
도면10a



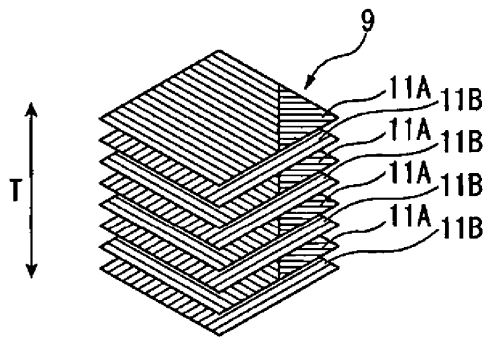
도면10b



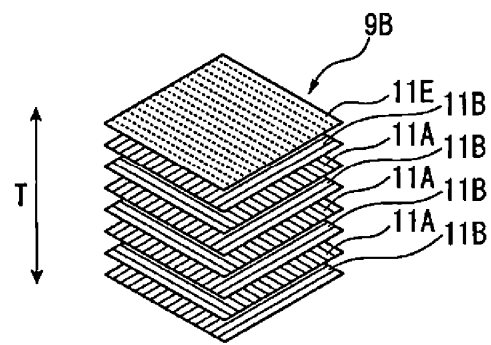
도면10c



도면11



도면12



도면13

