



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0114991  
(43) 공개일자 2019년10월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C08J 5/06 (2006.01) C08J 5/00 (2006.01)  
C08J 5/04 (2006.01) C08K 3/04 (2006.01)  
C08K 7/02 (2006.01) C08K 9/02 (2006.01)  
C08L 63/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C08J 5/06 (2013.01)  
C08J 5/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7023229
- (22) 출원일자(국제) 2018년02월09일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2019년08월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/004706
- (87) 국제공개번호 WO 2018/151053  
국제공개일자 2018년08월23일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2017-024610 2017년02월14일 일본(JP)  
JP-P-2017-130651 2017년07월03일 일본(JP)

- (71) 출원인  
니타 가부시카이가이샤  
일본국 오사카후 오사카시 나니와쿠 사쿠라가와  
4초메 4반 26고
- (72) 발명자  
오니즈카 마키  
일본국 오사카후 오사카시 나니와쿠 사쿠라가와  
4초메 4반 26고 니타 가부시카이가이샤 나이  
나카이 가즈유키  
일본국 오사카후 오사카시 나니와쿠 사쿠라가와  
4초메 4반 26고 니타 가부시카이가이샤 나이  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 6 항

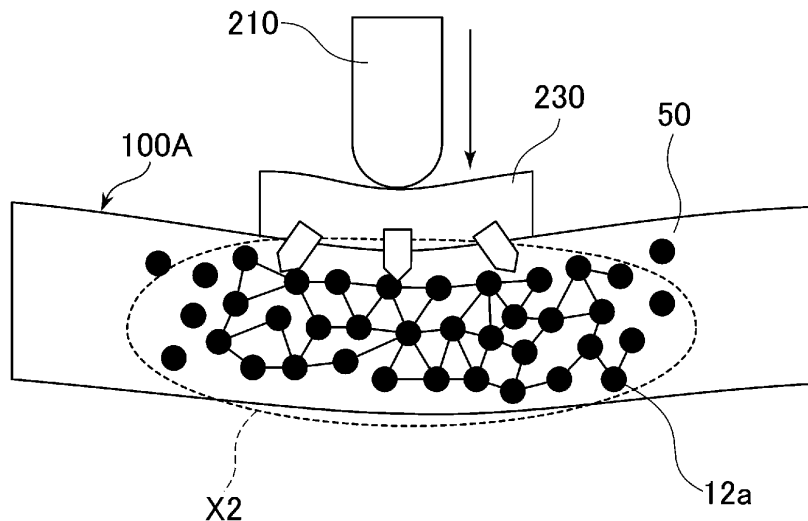
(54) 발명의 명칭 탄소 섬유 강화 성형체

(57) 요약

높은 강도를 가짐과 함께 제진성이 우수한 탄소 섬유 강화 성형체를 제공한다.

배열된 복합 소재와 수지 경화물을 함유하는 탄소 섬유 강화 성형체로서, 상기 복합 소재는, 복수의 연속된 탄소 섬유가 배열된 탄소 섬유속과, 상기 탄소 섬유의 각각의 표면에 부착된 카본 나노 튜브를 구비하고, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률이, 상기 완충재 없이 상기 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률보다 작은 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도9



(52) CPC특허분류

*C08J 5/043* (2013.01)

*C08K 3/04* (2013.01)

*C08K 3/041* (2017.05)

*C08K 7/02* (2013.01)

*C08K 9/02* (2013.01)

*C08L 63/00* (2013.01)

*D06M 11/74* (2013.01)

*C08J 2363/00* (2013.01)

(72) 발명자

**고무카이 다쿠지**

일본국 오사카후 오사카시 나니와쿠 사쿠라가와 4  
초메 4반 26고 니타 가부시키키가이샤 나이

**데루히라 히로미**

일본국 오사카후 오사카시 나니와쿠 사쿠라가와 4  
초메 4반 26고 니타 가부시키키가이샤 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

배열된 복합 소재와 수지 경화물을 함유하는 탄소 섬유 강화 성형체로서,

상기 복합 소재는, 복수의 연속된 탄소 섬유가 배열된 탄소 섬유속과, 상기 탄소 섬유의 각각의 표면에 부착된 카본 나노 튜브를 구비하고,

완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률은, 상기 완충재 없이 상기 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률보다 작은 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 완충재 없이 상기 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률은, 상기 카본 나노 튜브를 함유하지 않는 경우보다 크고,

상기 완충재를 개재한 상기 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률은, 상기 카본 나노 튜브를 함유하지 않는 경우보다 작은 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 3 점 굽힘 시험은, 폭 15 mm, 두께 1.8 mm 의 판상이고 상기 폭을 상기 복합 소재의 길이 방향으로 하는 시험편에 대해서, 지점간 거리 80 mm, 부하 속도 1 m/s 로 실시되고,

상기 완충재는, 길이 30 mm, 폭 20 mm, 두께 5 mm 의 치수를 갖고,

탄성률 (EM1 및 EMO) 이, 하기 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

$$EM1 \leq 0.615 \times EMO$$

(여기서, EM1 은, 상기 완충재를 개재하여 상기 3 점 굽힘 시험을 실시했을 때의 탄성률 (GPa) 이고, EMO 은, 상기 완충재 없이 상기 3 점 굽힘 시험을 실시했을 때의 탄성률 (GPa) 이다.)

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 탄성률 (EMO) 은, 8 ~ 12 GPa 의 범위 내인 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 탄소 섬유속의 길이 방향이 직교하도록 적층된 복수의 복합 소재를 함유하고,

폭 15 mm, 두께 1.8 mm 의 시험편에 대해서, JIS K 7077 에 준거한 샤르피 충격 시험을 실시했을 때, 해머가 시험편에 접촉하고 나서 0.5 ms 사이에 측정된 충격력의 흔들림폭이 72 N 이하인 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수지 경화물은, 에폭시 수지의 경화물인 것을 특징으로 하는 탄소 섬유 강화 성형체.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 탄소 섬유 강화 성형체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 탄소 재료 등으로 형성된 섬유와, 상기 섬유 표면에 형성된 구조체를 구비하는 복합 소재가 제안되어 있다 (예를 들어, 특허문헌 1). 특허문헌 1에 있어서는, 상기 구조체는, 복수의 카본 나노 튜브를 함유하고, 상기 복수의 카본 나노 튜브가, 서로 직접 접촉된 네트워크 구조를 형성하고 있음과 함께, 상기 섬유 표면에 직접 부착되어 있다. 이러한 복합 소재를 함유하는 성형체는, 섬유 본래의 기능을 발휘할 수 있음과 동시에, CNT 유래의 전기 도전성, 열전도성, 기계 강도 등의 기능을 발휘할 수 있음이 기재되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0003] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2014/175319호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 복합 소재로서 탄소 섬유를 사용한 성형체 (이하, 이것을 탄소 섬유 강화 성형체라고 부른다) 는, 항공기, 자동차, 일반 산업, 스포츠 용품 등, 다양한 분야로 용도가 확대되고 있다. 이러한 탄소 섬유 강화 성형체에 대한 강도 등의 특성에 대한 요구는, 한층 더 엄격해지고 있다.

[0005] 탄소 섬유 강화 성형체에는, 강도에 추가하여, 진동이 보다 빠르게 감쇠하여 충격을 흡수할 수 있는 것, 이른바 제진성도 요구되고 있다. 높은 강도를 가짐과 함께 제진성이 우수한 탄소 섬유 강화 성형체는 아직 얻어지지 않았다.

[0006] 그래서 본 발명은, 높은 강도를 가짐과 함께 제진성이 우수한 탄소 섬유 강화 성형체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명에 관련된 탄소 섬유 강화 성형체는, 배열된 복합 소재와 수지 경화물을 함유하는 탄소 섬유 강화 성형체로서, 상기 복합 소재는, 복수의 연속된 탄소 섬유가 배열된 탄소 섬유속 (纖維束) 과, 상기 탄소 섬유의 각각의 표면에 부착된 카본 나노 튜브를 구비하고, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률은, 상기 완충재 없이 상기 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률보다 작은 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0008] 본 발명의 탄소 섬유 강화 성형체는, 복합 소재와 수지 경화물을 함유하고, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률이, 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률보다 작기 때문에, 제진성이 우수하다고 할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 탄소 섬유 강화 성형체에 함유되는 복합 소재는, 탄소 섬유속에 있어서의 탄소 섬유의 각각의 표면에 CNT 가 부착되어 있다. 이로써, 본 발명의 탄소 섬유 강화 성형체는, 보다 높은 강도를 발휘할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 도 1 은 본 실시형태에 관련된 탄소 섬유 강화 성형체의 구성을 나타내는 단면도이다.

도 2 는 3 점 굽힘 시험에 제공되는 시험편을 설명하는 사시도이다.

- 도 3 은 3 점 굽힘 시험 방법을 설명하는 개략도로, 도 3A 는 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험, 도 3B 는 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험 상태를 나타낸다.
- 도 4 는 탄소 섬유 강화 성형체에 함유되는 복합 소재의 구성을 설명하는 개략도이다.
- 도 5 는 탄소 섬유의 낙합(絡合)의 평가 방법을 설명하는 개략도이다.
- 도 6 은 CNT 부착 공정을 설명하는 개략도이다.
- 도 7 은 가이드 롤러를 설명하는 측면도이다.
- 도 8 은 시험편이 좁은 영역에 충격을 수용한 상태를 설명하는 개략도이다.
- 도 9 는 시험편이 넓은 영역에 충격을 수용한 상태를 설명하는 개략도이다.
- 도 10 은 진동 감쇠 특성의 평가에 사용하는 시험편을 나타내는 사시도이다.
- 도 11 은 진동 감쇠 특성의 평가 방법을 설명하는 개략도이다.
- 도 12 는 측정된 변위량의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 13 은 실시예 1 의 탄소 섬유 강화 성형체의 탄성률을 나타내는 그래프이다.
- 도 14 는 비교예 1 (종래의 CFRP) 의 탄성률을 나타내는 그래프이다.
- 도 15 는 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률을 비교하여 나타내는 그래프이다.
- 도 16 은 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률을 비교하여 나타내는 그래프이다.
- 도 17 은 샤르피의 충격 시험에 사용하는 시험편을 나타내는 사시도이다.
- 도 18 은 샤르피의 충격 시험의 결과를 나타내는 그래프로, 도 18A 는 실시예 2, 도 18B 는 비교예 2 이다.
- 도 19 는 추 낙하 시험의 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 20 은 도 19 에 있어서의 프레임 부분의 확대도로, 도 20A 는 실시예 3, 도 20B 는 비교예 3 이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대해 상세히 설명한다.
- [0012] 1. 전체 구성
- [0013] 도 1 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 복합 소재 (10) 와 수지 경화물 (50) 을 구비하고 있다. 복합 소재 (10) 는, 지면(紙面)과 직교하는 방향으로 연장되어 복수 배열되어 있다. 본 실시형태의 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 소정의 판상의 시험편으로서 소정의 2 가지 조건에서 3 점 굽힘 시험을 실시했을 때, 구해지는 2 개의 탄성률이 소정의 관계에 있다.
- [0014] 3 점 굽힘 시험에는, 도 2 에 나타내는 것과 같은 폭 (D), 길이 (L), 두께 (t) 의 판상의 시험편 (100A) 을 사용할 수 있다. 시험편 (100A) 은, 폭 (D) 이 15 mm, 길이 (L) 가 100 mm 이고, 두께 (t) 가 1.8 mm 이다. 복수의 복합 소재 (10) 는, 시험편 (100A) 의 폭 (D) 을 길이 방향으로 하여 배열되어 있다.
- [0015] 시험은, 먼저, 도 3A 에 나타내는 바와 같이, 시험편 (100A) 의 길이 방향에 소정의 거리 (x) 로 배치된 2 개의 지점(支點) (200) 에서, 시험편 (100A) 을 지지한다. 지점 (200) 간의 거리 (x) 는 80 mm 이다. 로드 셀 (220) 로 하중을 측정하면서, 1 m/s 의 부하 속도로 압자 (210) 를 시험편 (100A) 에 직접 충돌시킨다. 압자 (210) 는, 시험편 (100A) 의 폭 (D) 방향을 길이 방향으로 하는 두께 10 mm 정도의 금속성의 판이다. 압자 (210) 는, 둥근 형상(곡률 반경 5 mm)의 선단면에서 시험편 (100A) 에 접하고, 시험편 (100A) 을 가로지를 수 있다. 시험편 (100A) 이 파단되었을 때의 하중을 이용하여, 완충재가 없는 경우의 탄성률 (EMO) 을 구한다.
- [0016] 다음으로, 도 3B 에 나타내는 바와 같이, 동일한 구성의 다른 시험편 (100A) 과 압자 (210) 사이에 완충재 (230) 를 배치하는 것 이외에는 동일한 조건으로, 3 점 굽힘 시험을 실시한다. 완충재 (230) 로는, 길이 30 mm, 폭 20 mm, 두께 5 mm 의 스펀지 고무를 사용한다. 스펀지 고무는, 천연 고무제로 할 수 있다. 완충재 (230) 는, 아스카 C 경도가 20 ~ 80 정도인 것이 바람직하다. 전술한 바와 마찬가지로, 시험편 (100A)

이 과단되었을 때의 하중을 이용하여, 완충재가 있는 경우의 탄성률 (EM1) 을 구한다.

- [0017] 완충재 (230) 를 개재한 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM1) 은, 완충재 (230) 가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM0) 보다 작다. 본 실시형태에 있어서는, 완충재 (230) 를 개재한 경우의 탄성률 (EM1) 은, 완충재 (230) 가 없는 경우의 탄성률 (EM0) 의 0.615 배 이하이다. 완충재 (230) 가 없는 경우의 탄성률 (EM0) 은, 8 ~ 12 GPa 의 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0018] 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 에 있어서의 수지 경화물 (50) 은, 에폭시 수지의 경화물이다. 수지 경화물 (50) 의 체적 함유율은, 10 ~ 40 % 가 바람직하고, 15 ~ 33 % 가 보다 바람직하다. 수지 경화물 (50) 은, 탄성률이 2 ~ 5 GPa 정도인 것이 바람직하다.
- [0019] 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 에 함유되어 있는 복합 소재 (10) 에 대해, 도 4 를 참조하여 상세하게 설명한다. 복합 소재 (10) 는, 복수의 연속된 탄소 섬유 (12a) 가 일방향으로 배열된 탄소 섬유속 (12) 을 구비하고 있다. 탄소 섬유 (12a) 는, 직경이 약 5 ~ 20  $\mu\text{m}$  이고, 화석 연료 유래의 유기 섬유나, 목재나 식물 섬유 유래의 유기 섬유의 소성에 의해 얻어진다.
- [0020] 도면에는, 설명을 위해서 10 개만의 탄소 섬유 (12a) 를 나타내고 있지만, 본 실시형태에 있어서의 탄소 섬유속 (12) 은, 1 천 ~ 10 만개의 탄소 섬유 (12a) 를 함유할 수 있다. 탄소 섬유속 (12) 을 구성하고 있는 탄소 섬유 (12a) 는, 실질적으로 서로 낙합되지 않고 직선성을 유지하고 있다. 이러한 탄소 섬유 (12a) 를 함유하는 본 실시형태의 복합 소재 (10) 는, 두께 방향으로 탄소 섬유 (12a) 가 3 ~ 30 개 나란히 정렬한 띠형상이다.
- [0021] 각 탄소 섬유 (12a) 의 표면에는, CNT (14a) 가 부착되어 있다. CNT (14a) 는, 탄소 섬유 (12a) 의 표면의 거의 전체에서 균등하게 분산되어 낙합됨으로써, 서로 직접 접촉 내지는 직접 접촉되어 네트워크 구조를 형성할 수 있다. CNT (14a) 끼리의 사이에는, 계면 활성제 등의 분산제나 접착제 등의 개재물이 존재하지 않는 것이 바람직하다. 또, CNT (14a) 는, 탄소 섬유 (12a) 의 표면에 직접 부착되어 있다. 여기서 말하는 접촉이란, 물리적인 접촉 (단순한 접촉) 을 포함한다. 또, 여기서 말하는 부착이란, 반데르발스력에 의한 결합을 말한다. 또한 「직접 접촉 내지 직접 접촉」이란, 복수의 CNT 가 단순히 접촉하고 있는 상태를 포함하는 것 외에, 복수의 CNT 가 일체적으로 되어 접촉되어 있는 상태를 포함한다.
- [0022] CNT (14a) 의 길이는, 0.1 ~ 50  $\mu\text{m}$  인 것이 바람직하다. CNT (14a) 는 길이가 0.1  $\mu\text{m}$  이상이면, CNT (14a) 끼리가 낙합되어 직접 접촉된다. 또 CNT (14a) 는 길이가 50  $\mu\text{m}$  이하이면, 균등하게 분산되기 쉬워진다. 한편, CNT (14a) 는 길이가 0.1  $\mu\text{m}$  미만이면 CNT (14a) 끼리가 얽히기 어려워진다. 또 CNT (14a) 는 길이가 50  $\mu\text{m}$  초과이면 응집하기 쉬워진다.
- [0023] CNT (14a) 는, 평균 직경 약 30 nm 이하인 것이 바람직하다. CNT (14a) 는 직경이 30 nm 이하이면, 유연성이 풍부하여, 각 탄소 섬유 (12a) 의 표면에서 네트워크 구조를 형성할 수 있다. 한편, CNT (14a) 는 직경이 30 nm 초과이면, 유연성이 없어져, 각 탄소 섬유 (12a) 표면에서 네트워크 구조를 형성하기 어려워진다. 또한, CNT (14a) 의 직경은 투과형 전자 현미경 (TEM : Transmission Electron Microscope) 사진을 사용하여 측정된 평균 직경으로 한다. CNT (14a) 는, 평균 직경이 약 20 nm 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0024] 복수의 CNT (14a) 는, 탄소 섬유속 (12) 중의 탄소 섬유 (12a) 의 각각의 표면에, 균일하게 부착되어 있는 것이 바람직하다. 탄소 섬유 (12a) 표면에 있어서의 CNT (14a) 의 부착 상태는, 주사형 전자 현미경 (SEM : Scanning Electron Microscope) 에 의해 관찰하고, 얻어진 화상을 육안에 의해 평가할 수 있다.
- [0025] 또한, 복수의 CNT (14a) 가 부착되어 있는 탄소 섬유 (12a) 의 표면의 적어도 일부는, 사이징제라고 불리는 수지로 덮여 있다. 사이징제로는, 일반적으로는, 우레탄 에멀션이나 에폭시 에멀션이 사용된다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 중의 복합 소재 (10) 의 경우, 탄소 섬유 (12a) 의 표면의 사이징제는, 존재를 확인하기가 곤란한 경우가 있다.
- [0026] 상기 서술한 바와 같이, 탄소 섬유속 (12) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 는, 실질적으로 서로 낙합되지 않고 직선성을 유지하고 있다. 탄소 섬유속 (12) 중에 있어서의 탄소 섬유 (12a) 의 낙합은, 탄소 섬유 (12a) 끼리의 직선성에 의해 평가할 수 있다.
- [0027] 도 5 를 참조하여, 탄소 섬유 (12a) 끼리의 직선성을 평가하는 방법을 설명한다. 평가에는, 상하로 이동 가능한 횡봉 (橫棒) 부 (34) 가 기립부 (32) 에 형성된 지지대 (30) 를 사용할 수 있다. 복합 소재 (10) 는, 소정 길이 (예를 들어, 150 ~ 300 mm 정도) 로 절단하여 측정용 샘플 (10B) 을 준비한다.

- [0028] 측정용 샘플 (10B) 은, 길이 방향을 상하로 하고, 일단에 연결 부재 (36) 를 개재하여 횡봉부 (34) 에 장착된다. 측정용 샘플 (10B) 이 느슨해지지 않도록, 적절한 무게의 추 (24) 를 측정용 샘플 (10B) 의 타단에 접속한다. 추 (24) 의 무게는, 측정용 샘플 (10B) 의 본래의 길이가 유지되도록 선택된다. 적절한 무게의 추 (24) 를 사용함으로써, 측정용 샘플 (10B) 은, 지지대 (30) 의 횡봉부 (34) 로부터 안정적으로 매달려진다.
- [0029] 지지대 (30) 의 기립부 (32) 에는, 검사 바늘 (20) (직경 0.55 mm) 이 횡방향으로 연장되어 형성되어 있다. 측정용 샘플 (10B) 의 표면에 대략 수직으로 검사 바늘 (20) 을 찌르고, 횡봉부 (34) 를 상방으로 이동시킴으로써, 측정용 샘플 (10B) 과 검사 바늘 (20) 을 상대적으로 이동시킨다. 이동 속도는 300 mm/min 으로 하고, 이동 거리는 40 mm 로 한다.
- [0030] 검사 바늘 (20) 에는, 도시하지 않은 로드 셀이 접속되어 있다. 측정용 샘플 (10B) 과 검사 바늘 (20) 을 상대적으로 이동시킬 때, 이들 사이에 작용하는 하중이 로드 셀에 의해 측정된다. 측정된 하중이 작을수록, 탄소 섬유속 (12) 에 있어서의 탄소 섬유 (12a) (도 4 참조) 는 직선성이 우수하다. 즉, 탄소 섬유속 (12) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 끼리는, 낙함이 적은 것이 된다.
- [0031] 본 실시형태에 사용되는 복합 소재 (10) 는, 소정의 조건에서 검사 바늘 (20) 과 상대적으로 이동시켰을 때, 복합 소재 (10) 와 검사 바늘 (20) 사이에 작용하는 하중의 최대값이 0.5 N 미만이므로, 복수의 연속된 탄소 섬유 (12a) 는, 실질적으로 낙합되지 않고 직선성을 유지하여 배열되어 있다. 직선성을 유지하여 배열되어 있는 탄소 섬유 (12a) 는, 복합 소재 (10) 의 강도의 향상에 기여할 수 있다.
- [0032] 복합 소재 (10) 와 검사 바늘 (20) 사이에 작용하는 하중의 평균값은, 0.4 N 미만인 것이 바람직하다. 작용하는 하중의 평균값은, 복합 소재 (10) 와 검사 바늘 (20) 을 40 mm 상대적으로 이동시키는 동안에 810 점의 하중을 측정하고, 그 810 점의 하중의 평균으로서 산출한다.
- [0033] 2. 제조 방법
- [0034] 다음으로, 본 실시형태에 관련된 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 의 제조 방법을 설명한다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 복합 소재 (10) 를 함유하는 프리프레그를 제조하고, 프리프레그를 경화시켜 제조할 수 있다.
- [0035] <복합 소재의 제조>
- [0036] 복합 소재 (10) 는, CNT (14a) 가 단리 분산된 CNT 분산액 (이하, 간단히 분산액이라고도 부른다) 중에, 복수의 탄소 섬유 (12a) 를 함유하는 탄소 섬유속 (12) 을 침지하고 주형시켜서, 탄소 섬유 (12a) 의 각각의 표면에 CNT (14a) 를 부착시킴으로써 제조할 수 있다. 이하, 각 공정에 대해 순서대로 설명한다.
- [0037] (분산액의 조제)
- [0038] 분산액의 조제에는, 다음과 같이 하여 제조된 CNT (14a) 를 사용할 수 있다. CNT (14a) 는, 예를 들어 일본 공개특허공보 2007-126311호에 기재되어 있는 열 CVD 법을 사용하여 실리콘 기관 상에 알루미늄, 철로 이루어지는 촉매막을 성막하고, CNT 의 성장을 위한 촉매 금속을 미립자화하여, 가열 분위기 중에서 탄화수소 가스를 촉매 금속에 접촉시킴으로써, 제조할 수 있다.
- [0039] 불순물을 최대한 함유하지 않는 CNT 이면, 아크 방전법, 레이저 증발법 등 그 밖의 방법에 의해 제조된 CNT 를 사용해도 된다. 제조 후의 CNT 를 불활성 가스 중에서 고온 어닐함으로써, 불순물을 제거할 수 있다. 이렇게 하여 제조되는 CNT 는, 직경이 30 nm 이하이고 길이가 수 100 μm 내지 수 mm 라는 높은 어스펙트비와 직선성을 구비하고 있다. CNT 는, 단층 및 다층 중 어느 것이어도 되지만, 바람직하게는 다층이다.
- [0040] 상기와 같이 제조된 CNT (14a) 를 사용하여, CNT (14a) 가 단리 분산된 분산액을 조제한다. 단리 분산이란, CNT (14a) 가 1 개씩 물리적으로 분리되어 낙합되지 않고 분산매 중에 분산되어 있는 상태를 말하고, 2 이상의 CNT (14a) 가 다발형상으로 집합한 집합물의 비율이 10 % 이하인 상태를 가리킨다.
- [0041] 분산액은, 호모게나이저나 전단력, 초음파 분산기 등에 의해 CNT (14a) 의 분산의 균일화를 도모한다. 분산매로는, 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로필알코올 등의 알코올류 ; 톨루엔, 아세톤, 테트라하이드로푸란 (THF), 메틸에틸케톤 (MEK), 헥산, 노르말헥산, 에틸에테르, 자일렌, 아세트산메틸, 아세트산에틸 등의 유기 용매를 사용할 수 있다.
- [0042] 분산액의 조제에는, 분산제, 계면 활성제 등의 첨가제는 반드시 필요시 되지는 않지만, 탄소 섬유 (12a) 및 CNT

(14a)의 기능을 저해하지 않는 범위이면, 이러한 첨가제를 사용해도 된다.

- [0043] (CNT의 부착)
- [0044] 상기와 같이 하여 조제한 분산액 중에, 탄소 섬유속 (12)을 침지하고 소정의 조건에서 주행을 시키면서, 분산액에 기계적 에너지를 부여함으로써 탄소 섬유 (12a) 표면에 CNT (14a)를 부착시킨다.
- [0045] 도 6을 참조하여, 탄소 섬유 (12a)에 CNT (14a)를 부착시키는 공정을 설명한다. 분산액 (46)이 수용된 CNT 부착조 (40) 내에는, 탄소 섬유속 (12)을 화살표 A 방향으로 주행을 시키기 위한 가이드 롤러 (42)가 복수 배치되어 있다. 가이드 롤러 (42)는, 도 7의 측면도에 나타내는 바와 같이, 직경 (D0)이 50 mm, 길이 (L0)가 100 mm인 평롤러이다.
- [0046] 탄소 섬유속 (12)은, 두께 방향으로 탄소 섬유 (12a)가 3 ~ 30개 나란히 정렬한 정도이다. 가이드 롤러 (42)의 길이 (L0)가 탄소 섬유속 (12)의 폭 (w)에 대해 충분히 크다. 탄소 섬유속 (12)은, 보다 작은 감김각 (90° 이하)으로 가이드 롤러 (42)에 감기는 것이 바람직하다. 가이드 롤러 (42)는, 탄소 섬유속 (12)을 직선상으로 주행을 시키도록 배치하는 것이 바람직하다.
- [0047] 탄소 섬유속 (12)은, 가이드 롤러 (42)에 확실하게 지지되어, 수축되지 않고 분산액 (46)중을 주행할 수 있다. 탄소 섬유속 (12)에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a)는, 가이드 롤러 (42)에 지지된 상태에서 인장 장력을 받음으로써, 낙함이 저감되어 직선성이 향상된다.
- [0048] 도 6에 나타내는 바와 같이, 복수의 가이드 롤러 (42)에 의해, 탄소 섬유속 (12)은 CNT 부착조 (40)내의 일정한 깊이를, 과도한 부하를 받지 않고 주행 속도로 주행한다. 주행 중, 탄소 섬유속 (12)은 굴곡되지 않기 때문에, 탄소 섬유속 (12)에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a)가 낙함될 우려는 저감된다. 탄소 섬유속 (12)의 주행 속도는, 1 ~ 20 m/min 정도로 하는 것이 바람직하다. 주행 속도가 느릴수록, 탄소 섬유속 (12)에 있어서의 탄소 섬유 (12a)의 직선성을 높일 수 있다.
- [0049] 분산액 (46)에 대해서는, 진동, 초음파, 요동 등의 기계적 에너지를 부여한다. 이로써, 분산액 (46)중에서, CNT (14a)가 분산되는 상태와 응집되는 상태가 항상 발생하는 가역적 반응 상태가 만들어진다.
- [0050] 가역적 반응 상태에 있는 분산액 중에, 복수의 연속된 탄소 섬유 (12a)를 함유하는 탄소 섬유속 (12)이 침지되면, 탄소 섬유 (12a) 표면에 있어서도 CNT (14a)의 분산 상태와 응집 상태의 가역적 반응 상태가 일어난다. CNT (14a)는, 분산 상태에서 응집 상태로 옮겨질 때, 탄소 섬유 (12a) 표면에 부착된다.
- [0051] 응집될 때에는, CNT (14a)에 반데르발스력이 작용하고 있고, 이 반데르발스력에 의해 탄소 섬유 (12a) 표면에 CNT (14a)가 부착된다. 이렇게 해서, 탄소 섬유속 (12)중의 탄소 섬유 (12a) 각각의 표면에 CNT (14a)가 부착된 탄소 섬유속 (10A)이 얻어진다.
- [0052] 그 후, 사이징 처리 및 건조를 실시하여, 복합 소재 (10)가 제조된다. 사이징 처리는, 일반적인 사이징제를 사용하여 일반적인 방법에 의해 실시할 수 있다. 건조는, 사이징 처리 후의 탄소 섬유속을, 예를 들어 핫 플레이트 상에 재치 (載置)하여 달성할 수 있다.
- [0053] <프리프레그의 제조>
- [0054] 복합 소재 (10)는, 매트릭스 수지로서의 에폭시 수지를 함침시켜 프리프레그로 할 수 있다. 에폭시 수지의 경화물은, 탄성률이 2 ~ 5 GPa 정도이다.
- [0055] <탄소 섬유 강화 성형체의 제조>
- [0056] 프리프레그를 소정의 길이로 재단하고, 길이 방향을 가지런히 맞추어 적층한다. 적층물에 압력을 부여하면서, 매트릭스 수지를 가열 경화시켜 수지 경화물 (50)로 한다. 열과 압력을 부여하는 방법으로는, 예를 들어 프레스 성형, 오토클레이브 성형, 진공압 성형, 시트 와인딩법 및 내압 성형법을 들 수 있다.
- [0057] 매트릭스 수지로서 에폭시 수지를 사용하는 경우에는, 80 ~ 180 °C에서 0.5 ~ 5시간의 가열에 의해 수지 경화물 (50)이 얻어진다. 이렇게 해서, 복합 소재 (10)와 수지 경화물 (50)을 구비한 본 실시형태의 탄소 섬유 강화 성형체 (100)가 제조된다.
- [0058] 3. 작용 및 효과
- [0059] 본 실시형태에 관련된 탄소 섬유 강화 성형체 (100)는, 완충재를 개재한 3점 굽힘 시험을 실시하여 얻어지는 탄성률이, 완충재가 없는 3점 굽힘 시험에 의해 얻어지는 탄성률보다 작다. 3점 굽힘 시험이, 부하 속도



가 1 m/s 라는 고속으로 실시되는 경우, 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 의 시험편 (100A) 에는, 도 8 에 나타내는 것과 같은 좁은 영역 (X1) 에 국소적으로 큰 충격이 주어진다. 완충재 (230) 를 개재한 3 점 굽힘 시험 에서는, 도 9 에 나타내는 바와 같이, 충격을 수용하는 영역이 영역 (X2) 으로 확장되기 때문에, 시험편 (100A) 에 국소적으로 주어지는 충격이 저감된다.

- [0060] 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 탄성률이 높은 탄소 섬유 (12a) 를 함유하는 복합 소재 (10) 와, 탄성률이 낮은 수지 경화물 (50) 을 구비하고 있다. 탄소 섬유 (12a) 의 표면에 부착되어 있는 CNT (14a) 는, 수지 경화물 (50) 의 탄성률에 영향을 미친다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 가 수용하는 충격과 탄성률의 관계에 대해, 다음과 같이 고찰하였다.
- [0061] 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 중의 복합 소재 (10) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 는, 충격이 주어지면 변위한다. 탄소 섬유 (12a) 의 변위는, 주어지는 충격이 클수록 커진다. 탄소 섬유 (12a) 의 변위가 큰 경우, 표면에 부착되어 있는 CNT (14a) 가 충분히 완전히 신장되기 때문에, CNT (14a) 의 네트워크 구조에 의해 큰 구속 효과가 얻어진다. 즉, 이러한 CNT (14a) 는, CNT 의 특성이 발휘되어 수지 경화물 (50) 의 탄성률을 높일 수 있다.
- [0062] 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM0) 에는, 수지 경화물 (50) 의 높아진 탄성률이 반영된다. 완충재를 개재하지 않는 경우, 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 에 대해 국소적으로 충격이 주어지고, 미소 영역에 있어서의 변위폭이 커진다. 탄소 섬유 (12a) 표면에 부착되어 있는 CNT (14a) 의 네트워크에 의해 구속 효과가 크게 작용하여, 고탄성이 된다.
- [0063] 탄소 섬유 (12a) 의 변위가 작은 경우, 즉 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 가 국소적으로 수용하는 충격이 작은 경우에는, 탄소 섬유 (12a) 표면의 CNT (14a) 는, 완전히 신장되지 못하고 굴곡되어 있기 때문에, 얻어지는 구속 효과가 작다. CNT (14a) 는, 완전히 신장되어 있지 않은 상태에서는, 수지 경화물 (50) 의 탄성률을 높이는 효과를 발휘할 수 없다. 이 때문에, 수지 경화물 (50) 은 본래의 탄성률을 유지한다.
- [0064] 탄소 섬유 (12a) 에 CNT (14a) 가 부착되어 있음으로써, 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는 진동 감소 효과가 높다. 즉, 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 외부로부터 주어진 충격을 효율적으로 흡수한다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 탄소 섬유 (12a) 사이에 CNT (14a) 와 수지의 복합층 (도시 생략) 이 존재한다. 탄소 섬유 (12a) 사이를 진동이 전파될 때, 복합층에서의 마찰에 의한 에너지 흡수가 발생하기 때문에, 효율적으로 충격 에너지를 흡수할 수 있다.
- [0065] 따라서, 탄소 섬유 (12a) 의 변위가 작은 경우, 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, CNT (14a) 가 함유되어 있지 않은 성형체에 비해 탄성률이 낮아진다. 탄소 섬유 (12a) 끼리는 낙함이 적고, 직선성이 우수하기 때문에, 탄소 섬유 (12a) 의 변위의 영향이 현저하게 나타난다.
- [0066] 이와 같은 이유에서, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM1) 은, 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM0) 보다 작은 값이 된다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM1) 이, 완충재가 없는 3 점 굽힘 시험에 의한 탄성률 (EM0) 보다 작기 때문에, 제진성이 우수하다.
- [0067] 또한 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 복합 소재 (10) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 의 각각의 표면에 CNT (14a) 가 부착되어 있기 때문에, 높은 강도를 갖는다.
- [0068] 4. 변형예
- [0069] 본 발명은 상기 실시형태로 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 취지의 범위 내에서 적절히 변경하는 것이 가능하다.
- [0070] 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 에 함유되는 수지 경화물 (50) 은, 불포화 폴리에스테르 수지 등의 열경화성 수지, 페녹시 수지나 폴리아미드 수지, 폴리프로필렌 수지, 폴리페닐렌설파이드 수지, 및 폴리카보네이트 수지 등의 열가소성 수지의 경화물로 할 수 있다.
- [0071] 3 점 굽힘 시험에 사용하는 시험편 (100A) 은, 길이 (L) 를 100 mm 로 했지만, 이것으로 한정되지 않는다. 80 mm 떨어져 배치된 2 개의 지점 (200) 에서 지지하여 3 점 굽힘 시험을 실시할 수 있고, 폭이 15 mm 이고 두께가 1.8 mm 이면, 임의의 길이 (L) 를 갖는 시험편 (100A) 을 사용할 수 있다.
- [0072] 시험편 (100A) 의 탄성률 (EM0 및 EM1) 을 구할 때, 완충재를 개재한 3 점 굽힘 시험을 실시하여 탄성률 (EM1)

을 구한 후에, 완충제가 없는 3 점 굽힘 시험을 실시하여, 탄성률 (EMO) 을 구해도 된다.

- [0073] 상기 실시형태의 경우, 탄소 섬유 강화 성형체는, 프리프레그를 소정의 길이로 재단하고, 길이 방향을 가지런하게 맞추어 적층한 경우에 대해 설명했지만, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 탄소 섬유 강화 성형체는, 탄소 섬유의 길이 방향이, 서로 겹치는 다른 층의 탄소 섬유와 교차하도록 적층해도 된다.
- [0074] 5. 실시예
- [0075] 이하, 실시예를 들어 본 발명을 상세하게 설명하지만, 본 발명은 이하의 실시예에만 한정되는 것은 아니다.
- [0076] <프리프레그의 제작>
- [0077] 먼저, 상기 제조 방법에 나타내는 순서로, 탄소 섬유 강화 성형체에 사용하는 프리프레그를 제조하였다. CNT (14a) 로는, 열 CVD 에 의해 실리콘 기판 상에 직경 10 ~ 15 nm, 길이 100 μm 이상으로 성장시킨 MW-CNT (Multi-walled Carbon Nanotubes, 다층 카본 나노 튜브) 를 사용하였다.
- [0078] CNT (14a) 는, 황산과 질산의 3 : 1 혼산을 사용해서 세정하여 촉매 잔류물을 제거한 후, 여과 건조시켰다. 분산매로서의 MEK 에 CNT (14a) 를 첨가하여, 분산액을 조제하였다. CNT (14a) 는, 초음파 호모게나이저를 사용하여 분쇄하고 0.5 ~ 10 μm 의 길이로 절단하였다. 분산액 중에 있어서의 CNT (14a) 의 농도는, 0.01 wt% 로 하였다. 이 분산액에는, 분산제나 접착제가 함유되어 있지 않다.
- [0079] 도 6 에 나타낸 것과 같은 CNT 부착조 (40) 를 준비하고, 이렇게 해서 조제된 분산액 (46) 을 수용하였다. CNT 부착조 (40) 에는, 도 7 를 참조하여 설명한 것과 같은 가이드 롤러 (42) (직경 50 mm, 길이 100 mm) 가 형성되어 있다. 분산액 (46) 에는, 기계적 에너지로서의 진동이나 초음파, 요동을 부여하였다.
- [0080] 탄소 섬유속 (12) 으로는, T700SC-12000 (도레이 (주) 제조) 을 사용하였다. 이 탄소 섬유속 (12) 에는, 12000 개의 탄소 섬유 (12a) 가 함유되어 있다. 탄소 섬유 (12a) 의 직경은 7 μm 정도이고, 길이는 100 m 정도이다. 탄소 섬유속 (12) 을 분산액 (46) 중에 침지하고, 가이드 롤러 (42) 를 통해서 3.5 m/min 의 속도로 주행시켰다.
- [0081] 그 후, 사이징제로서 에폭시 수지를 사용하여 사이징 처리를 실시하고, 약 80 °C 의 핫 플레이트 상에서 건조시켰다. 이와 같이 하여, 복합 소재 (10) 를 제조하였다. 복합 소재 (10) 는, 두께 방향으로 탄소 섬유가 12 개 나란히 정렬한 띠형상이었다.
- [0082] 복합 소재 (10) 는, 탄소 섬유속 (12) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 의 표면에 복수의 CNT (14a) 가 균등하게 분산되어 부착되어 있는 것이, SEM 관찰에 의해 확인되었다.
- [0083] 얻어진 복합 소재 (10) 에 대해서, 탄소 섬유속에 함유되어 있는 탄소 섬유의 낙함을 평가하였다. 평가는, 도 5 를 참조하여 설명한 바와 같은 방법에 의해, 탄소 섬유끼리의 직선성을 조사함으로써 실시하였다.
- [0084] 복합 소재 (10) 는 150 mm 의 길이로 절단하여, 측정용 샘플 (10B) 을 준비하였다. 측정용 샘플 (10B) 은, 지지대 (30) 의 횡봉부 (34) 에 일단을 고정시키고, 타단에는 20 g 의 추 (24) 를 접속하였다. 지지대 (30) 의 기립부 (32) 로부터 연장되어 형성된 검사 바늘 (20) (직경 0.55 mm) 을, 측정용 샘플 (10B) 의 길이 방향을 가로질러 꽂았다. 측정용 샘플 (10B) 과 검사 바늘 (20) 사이에 작용하는 하중을, 도시하지 않은 로드 셀로 측정하면서, 측정용 샘플 (10B) 이 매달린 횡봉부 (34) 를 300 mm/min 의 속도로 40 mm 상승시켰다.
- [0085] 측정된 하중의 최대치, 최소치 및 평균치는, 각각 0.172 N, 0.00286 N, 및 0.0764 N 이었다. 복합 소재 (10) 는, 탄소 섬유속 중의 탄소 섬유끼리의 낙함이 실질적으로 존재하지 않고, 직선성을 유지하여 배열되어 있는 것이 확인되었다.
- [0086] 이어서, 매트릭스 수지로서의 에폭시 수지를 복합 소재 (10) 에 함침시켜, 프리프레그를 제조하였다. 프리프레그에 있어서의 수지의 체적 함유율은, 30 % 였다. 복합 소재의 단위 면적당 중량은, 180 g/m<sup>2</sup> 로 하였다.
- [0087] <예비 시험>
- [0088] 프리프레그를 사용하여, 도 10 에 나타내는 것과 같은 판상의 시험편 (100B) 을 제작하였다. 시험편 (100B) 은, 폭 (D) 이 15 mm, 길이 (L) 가 200 mm, 두께 (t) 가 1.72 ~ 1.78 mm 의 탄소 섬유 강화 성형체이다. 시험편 (100B) 은, 200 mm 의 길이로 절단된 프리프레그의 길이 방향을 가지런히 맞추어 적층하고 (16 층), 145 °C 에서 1 시간 가열하여 매트릭스 수지를 경화시켜 얻어졌다. 시험편 (100B) 은, 길이 (L) 를 길이 방향으

로 하여 배열된 복합 소재 (10) 와 수지 경화물 (50) 을 구비하고 있다.

- [0089] 시험편 (100B) 에 대해서, 진동 감쇠 특성을 평가하였다. 도 11 을 참조하여, 진동 감쇠 특성의 평가 방법을 설명한다. 시험편 (100B) 의 장변의 일단 (50 mm) 을 지지대 (300) 에 고정시킨다. 시험편 (100B) 의 타단을 화살표 B 방향으로 약 5 mm 눌러 내렸다 해방시킴으로써, 시험편 (100B) 을 상하 (화살표 C 방향) 로 진동시킨다.
- [0090] 시험편 (100B) 의 변위량은, 컨트롤러 (320) 를 통해서 전원 (330) 에 접속된 레이저 변위계 ((주) 키엔스 제조, LK-G5000V/LK-H0850) (310) 에 의해 측정한다. 측정된 변위 데이터는, PC (340) 에 수집된다. 시험편 (100B) 을 3 개 준비하고, 각각에 대해 3 회씩, 변위량을 측정하였다.
- [0091] 측정된 변위량의 시간 변화의 일례를, 도 12 의 그래프에 나타낸다. 도 12 중, 세로축은 진폭이고, 가로축은 시간이다. 변위의 진폭은, 시간의 경과에 따라 감소하고 있음이 나타나 있다. 최대 진폭 (정피크) 으로부터 10 점의 감쇠율을 평균화하여, 로그 감쇠율 ( $\delta$ ) 을 구했다. 로그 감쇠율 ( $\delta$ ) 은, 0.0552 였다.
- [0092] 시험편 (100B) 과 동일한 판상으로 제조한 종래의 CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 는, 전술한 바와 동일하게 하여 구한 로그 감쇠율 ( $\delta$ ) 이 0.0499 였다. 종래의 CFRP 의 제작에는, 복합 소재를, 탄소 섬유 의 표면에 CNT 가 부착되어 있지 않은 탄소 섬유속으로 변경한 것 이외에는 전술한 바와 동일한 프리프레그를 사용하였다. 종래의 CFRP 는, 전술한 시험편 (100B) 보다 로그 감쇠율 ( $\delta$ ) 이 작기 때문에, 진동이 지속되어 감쇠에 시간을 필요로 한다.
- [0093] 복합 소재 (10) 를 함유하는 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 종래의 CFRP 보다 진동 감쇠 효과가 높은 것이 확인되었다. 탄소 섬유 강화 성형체 (100) 는, 주어진 충격을 보다 빠르게 흡수할 수 있다. 제진성의 향상은, 복합 소재 (10) 에 함유되어 있는 탄소 섬유 (12a) 의 표면에 부착되어 있는 CNT (14a) 에서 기인하는 것으로 추측된다.
- [0094] <실시예 1>
- [0095] 전술한 프리프레그를 사용하여, 도 2 에 나타낸 것과 같은 판상의 시험편 (100A) 을 제작하였다. 시험편 (100A) 은, 폭 (D) 이 15 mm, 길이 (L) 가 100 mm, 두께가 1.8 mm 인 탄소 섬유 강화 성형체이다. 시험편 (100A) 은, 15 mm 의 길이로 절단된 프리프레그의 길이 방향을 가지런히 맞추어 적층하고, 145 °C 에서 1 시간 의 가열에 의해 매트릭스 수지를 경화시켜 제조하였다. 시험편 (100A) 은, 폭 (D) 을 길이 방향으로 하여 배열된 복합 소재 (10) 와 수지 경화물 (50) 을 구비하고 있다.
- [0096] 시험편 (100A) 에 대해, 3 점 굽힘 시험을 실시하였다. 시험에는, 고속 충격 시험기 (시마즈 제작소 제조, EHF-22H-20L) 를 사용하였다. 먼저, 도 3A 를 참조하여 설명한 바와 같이, 80 mm 떨어져서 형성된 2 개의 지점 (200) 에서 시험편 (100A) 을 지지하였다. 로드 셀 (220) 로 하중을 측정하면서, 1 m/s 의 부하 속도로 압자 (210) 를 시험편 (100A) 에 직접 충돌시켰다. 시험편 (100A) 이 파단되었을 때의 하중을 이용하여, 완충재가 없는 경우의 탄성률 (EM0) 을 구했다.
- [0097] 다음으로, 도 3B 에 나타낸 것처럼, 완충재 (230) 로서 길이 30 mm, 폭 20 mm, 두께 5 mm 의 NR 스펀지 고무 (와키 산업 (주), NRS-07) 를 시험편 (100A) 상에 배치하고, 전술한 바와 마찬가지로 압자 (210) 를 1 m/s 의 부하 속도로 시험편 (100A) 에 충돌시켰다. NR 스펀지 고무는, 비중이 0.08 g/cm<sup>3</sup>, 발포 배율이 11 배, 일본 고무 협회 표준 규격 (SRIS) 에 준거하여 구한 아스카 C 경도가 23 이다. 시험편 (100A) 이 파단되었을 때의 하중을 이용하여, 완충재가 있는 경우의 탄성률 (EM1) 을 구했다.
- [0098] 구해진 탄성률 (EM0 및 EM1) 을, 도 13 의 그래프에 나타낸다. 실시예 1 의 탄소 섬유 강화 성형체는, 완충재가 없이 시험을 실시했을 때의 탄성률 (EM0) 은 11.7 GPa 인 것에 반하여, 완충재를 개재하여 시험을 실시했을 때의 탄성률 (EM1) 은 7.2 GPa 이다. 완충재를 개재하여 압자를 시험편에 충돌시키면, 탄성률 (EM1) 은 완충재가 없는 경우의 탄성률 (EM0) 의 0.615 배로 감소되어 있다.
- [0099] <비교예 1>
- [0100] 시험편 (100A) 과 동일한 판상으로 제작한 종래의 CFRP 에 대해서, 전술한 바와 마찬가지로 하여 구한 탄성률 (EM0 및 EM1) 을, 도 14 에 나타낸다. 종래의 CFRP 의 제조에는, 복합 소재를, 탄소 섬유의 표면에 CNT 가 부착되어 있지 않은 탄소 섬유속으로 변경한 것 이외에는 실시예 1 과 동일한 프리프레그를 사용하였다.
- [0101] 비교예 1 (종래의 CFRP) 은, 완충재가 없이 시험을 실시했을 때의 탄성률 (EM0) 이 10.5 GPa 인 것에 반하여,

완충재를 개재하여 시험을 실시했을 때의 탄성률 (EM1) 이 8.6 GPa 이다. 비교예 1 에 있어서도, 실시예 1 과 동일하게, 완충재를 개재하여 압자를 충돌시키면 탄성률은 감소되어 있다. 그러나, 완충재가 있는 경우의 탄성률 (EM1) 은, 완충재가 없는 경우의 탄성률 (EM0) 의 0.819 배로서, 실시예 1 보다 감소의 정도가 적다.

[0102]

<탄성률 (EM0) 끼리, 탄성률 (EM1) 끼리의 비교>

[0103]

실시예 1 과 비교예 1 의 탄성률을, 도 15 및 도 16 에 정리하여 나타낸다. 도 15 에는, 완충재가 없이 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어진 탄성률 (EM0) 을 나타내고, 도 16 에는, 완충재를 개재하여 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어진 탄성률 (EM1) 을 나타낸다.

[0104]

도 15 에 나타내는 바와 같이, 완충재가 없이 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어진 탄성률 (EM0) 은, 비교예 1 보다 실시예 1 쪽이 10.5 % 정도 크다. 실시예 1 에서는, 탄소 섬유 표면에 부착되어 있는 CNT 에 의해, 수지 경화물의 탄성률이 높아진 것에 기인하는 것으로 추측된다.

[0105]

완충재를 개재하여 3 점 굽힘 시험을 실시하여 얻어진 탄성률 (EM1) 은, 대소 관계가 역전되어 있어, 실시예 1 은 비교예 1 보다 18.2 % 정도 작다. 실시예 1 에서는, 탄소 섬유의 표면에 부착되어 있는 CNT 에 의한 진동 감쇠 효과가 발휘된 것으로 추측된다.

[0106]

<실시예 2>

[0107]

전술한 프리프레그를 사용하여, 도 17 에 나타내는 것과 같은 관상의 시험편 (100C) 을 제조하였다. 시험편 (100C) 은, 폭 (D) 이 15 mm, 길이 (L) 가 100 mm, 두께 (t) 가 1.8 mm 의 탄소 섬유 강화 성형체이다. 시험편 (100C) 은, 탄소 섬유속의 길이 방향이 직교하도록 프리프레그를 적층하고 (17 층), 145 °C 에서 1.5 시간 가열하여 매트릭스 수지를 경화시켜서 얻어졌다. 시험편 (100C) 의 양 표면의 층은, 탄소 섬유속의 길이 방향이, 시험편 (100C) 의 길이 방향에 대해 평행, 즉 0° 가 되도록 배치하였다.

[0108]

<비교예 2>

[0109]

비교로서 복합 소재를, 탄소 섬유의 표면에 CNT 가 부착되어 있지 않은 탄소 섬유속으로 변경한 것 이외에는, 시험편 (100C) 과 동일하게 한 시험편을 제조하였다.

[0110]

(샤르피의 충격 시험)

[0111]

각 시험편을 4 개씩 준비하고, 진자식 시험기 (인스로튼사 제조, CEAST9050, 해머 용량 : 25 J) 를 사용하여 샤르피의 충격 시험 (JIS K 7077 준거) 을 실시하고, 해머에 형성한 로드 셀로 충격력을 측정하였다. 그 결과를 도 18A, 도 18B 에 나타낸다. 본 도면의 가로축은 시간 (ms), 세로축은 충격력 (N), 곡선은 측정된 시험편 4 개의 충격력-하중 곡선을 나타낸다. 각 곡선에 있어서의 피크는, 시험편이 해머에 접촉한 후, 시험편의 관성에 의해 발생된다. 본 도면으로부터, 실시예 2 는, 비교예 2 보다 충격력의 기복이 작고, 진동도 적은 것이 분명하다.

[0112]

본 도면에 기초하여, 이웃하는 골 (谷) 과 산 (山) 의 측정된 충격력 (N) 의 값의 차이 (이하, 흔들림폭이라고 한다) 가 가장 큰 값을, 표 1 에 나타낸다. 해머가 시험편에 접촉한 후, 0.5 ms 의 사이의 흔들림폭의 최대 값은, 실시예 2 가 72 (N), 비교예 2 가 235 (N) 였다. 이 것으로부터, 실시예 2 는, 비교예 2 에 대해 흔들림폭이 1/3 정도로 제진성이 우수하다는 것이 확인되었다.

표 1

시험편 No.	탄소 섬유 강화 성형체	종래의 CFRP
1	46.67735	220.2587
2	70.01602	141.4907
3	44.73246	234.8454
4	71.96091	190.1129
평균	58.34668	196.6769
최대치	71.96091	234.8454
최소치	44.73246	141.4907

[0113]

[0114] <실시에 3>

[0115] 전술한 프리프레그를 사용하여, 실시예 2 와 동일한 순서로 판상의 시험편을 제조하였다. 시험편은, 폭 (D) 이 60 mm, 길이 (L) 가 60 mm, 두께 (t) 가 1.8 mm 의 탄소 섬유 강화 성형체이다.

[0116] <비교예 3>

[0117] 비교로서 복합 소재를, 탄소 섬유의 표면에 CNT 가 부착되어 있지 않은 탄소 섬유속으로 변경한 것 이외에는, 실시예 3 의 시험편과 동일하게 한 시험편을 제조하였다.

[0118] (추 낙하 시험)

[0119] 각 시험편을 추 낙하 시험기에 설치하고, 스테인리스제의 선단이 반구상인 추 (직경 30 mm, 무게 440 g) 를 높이 350 mm 로부터 낙하시켜, 시험편에 충격을 주었다. 시험 후의 시험편의 내부를 초음파 탐상 시험기 ((주) KJTD 사 제조, 데스크탑형 초음파 탐상 영상화 장치) 로 해석하였다. 해석을 끝낸 시험편에, 추가로 상기 순서로 2 회 충격을 주어, 동일하게 내부의 해석을 하였다. 그 결과를 도 19 및 도 20 에 표면 방향으로부터의 단면 측정 화면, 및 측면 방향으로부터의 단면 측정 화면을 나타낸다. 또한, 측면 방향으로부터의 단면 측정 화면은, 표면에서부터 깊이 방향으로 0.45 mm 의 위치로부터 1.3 mm 의 범위이다. 동 도면의 표면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서, 시험편의 내부에 박리가 발생하지 않은 경우, 검은색으로 표시된다. 측면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서, 시험편의 내부에 박리가 발생되어 있는 부분은, 검은색과 흰색의 중간색으로 표시된다.

[0120] 실시예 3 은, 표면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서 대부분이 검은색으로 표시되어 있고, 또 측면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서 중간색이 거의 인정되지 않은 점에서, 내부에 거의 박리가 발생되지 않은 것이 확인되었다. 한편, 비교예 3 은, 표면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서 추의 타흔 (打痕) 에 대응한 위치에 중간색의 부분이 인정되어, 당해 부분이 크게 손상되어 있는 것을 알 수 있다. 또 비교예 3 의 측면 방향으로부터의 단면 측정 화면에 있어서, 이면측에서부터 0.2 mm 부근에서도 큰 박리가 발생되어 있고, 두께 방향의 전체에 걸쳐서 박리가 발생되어 있는 것이 확인되었다.

[0121] 본 결과로부터 실시예 3 은, 비교예 3 에 비해, 현격히 우수한 내충격성이 얻어지는 것을 알 수 있었다.

**부호의 설명**

[0122] 100 : 탄소 섬유 강화 성형체

10 : 복합 소재

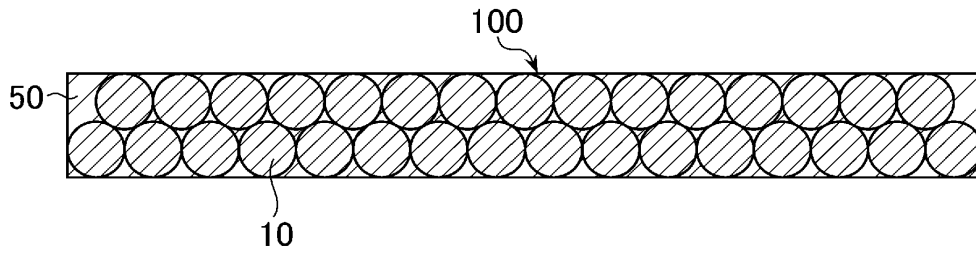
12 : 탄소 섬유속

12a : 탄소 섬유

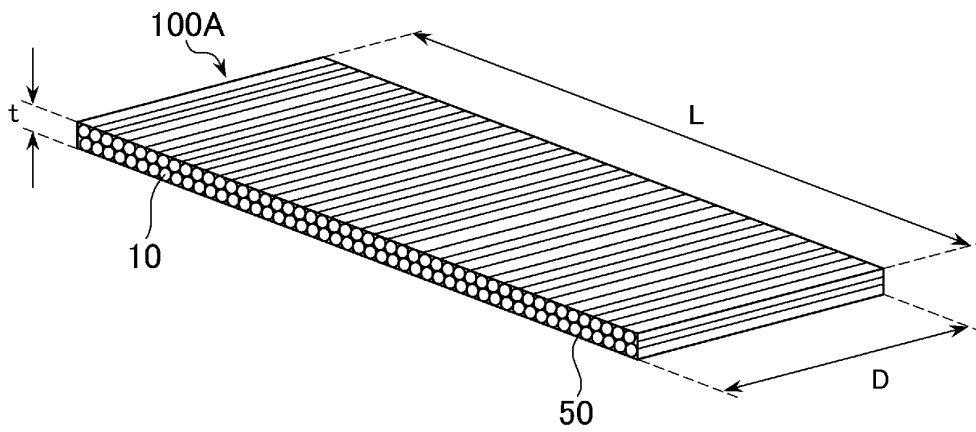
14a : 카본 나노 튜브 (CNT)

도면

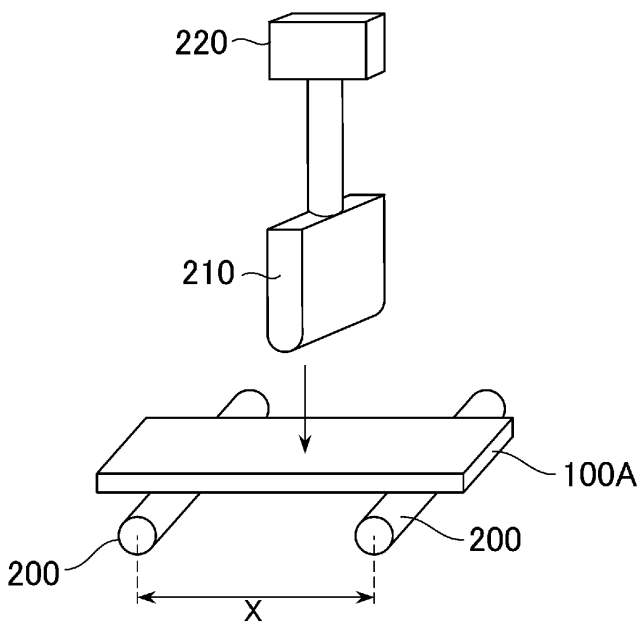
도면1



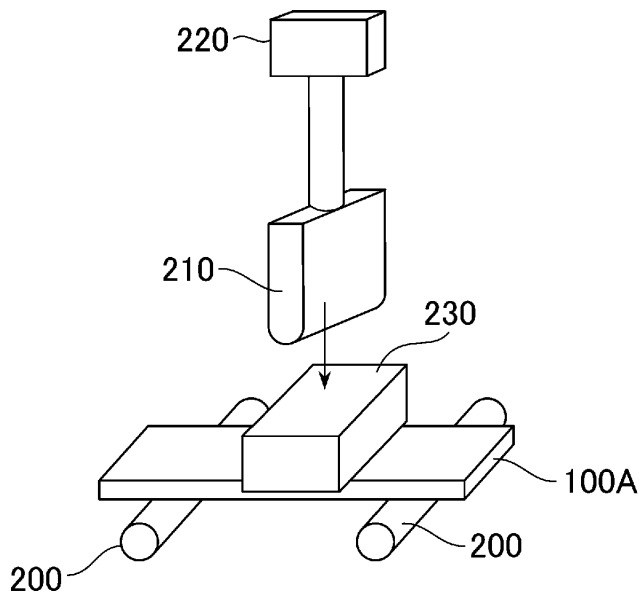
도면2



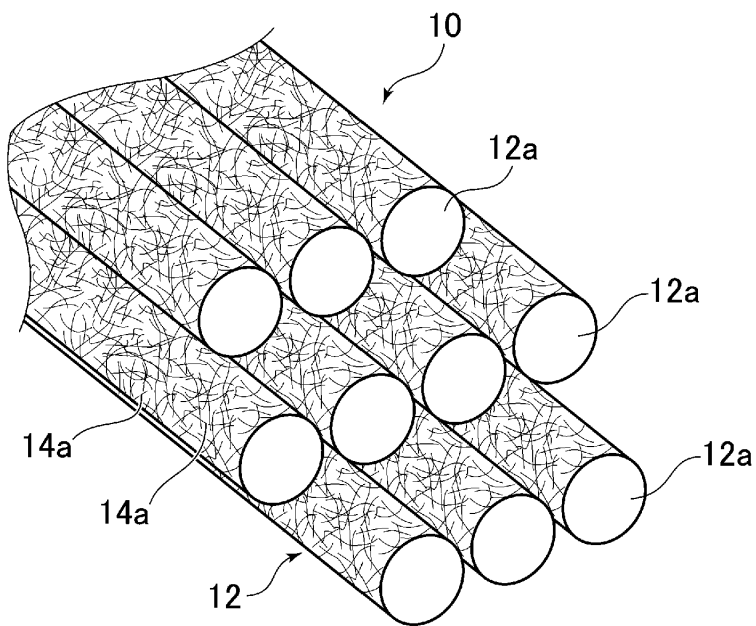
도면3a



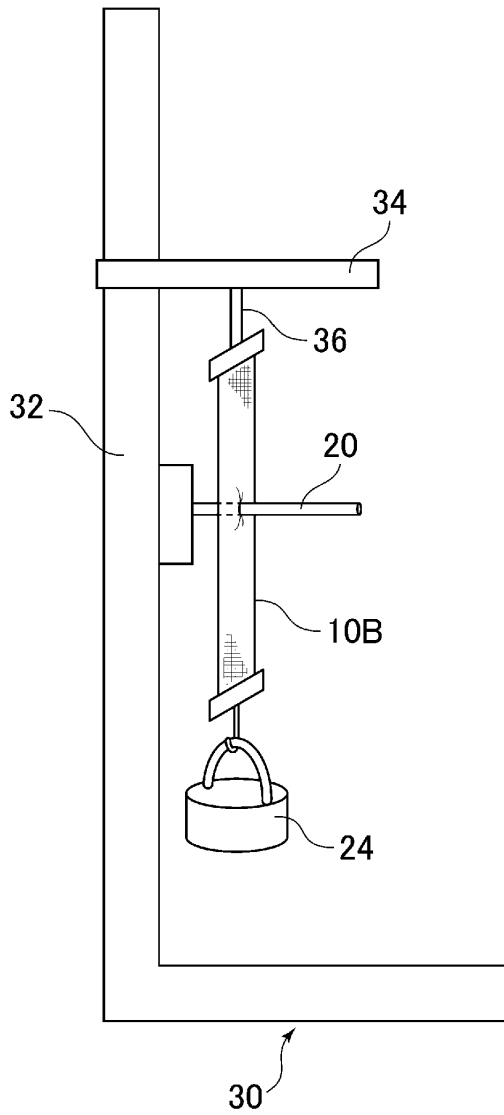
도면3b



도면4

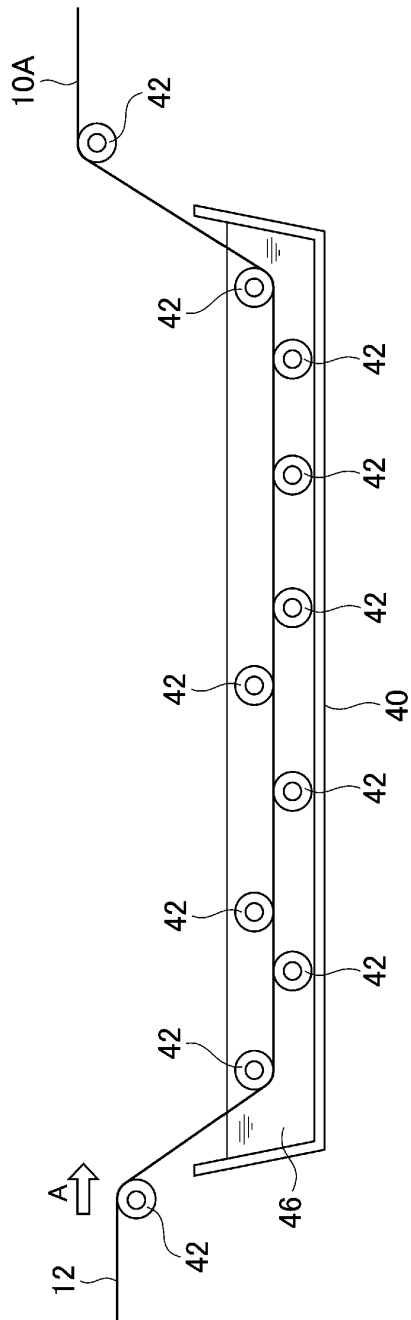


도면5

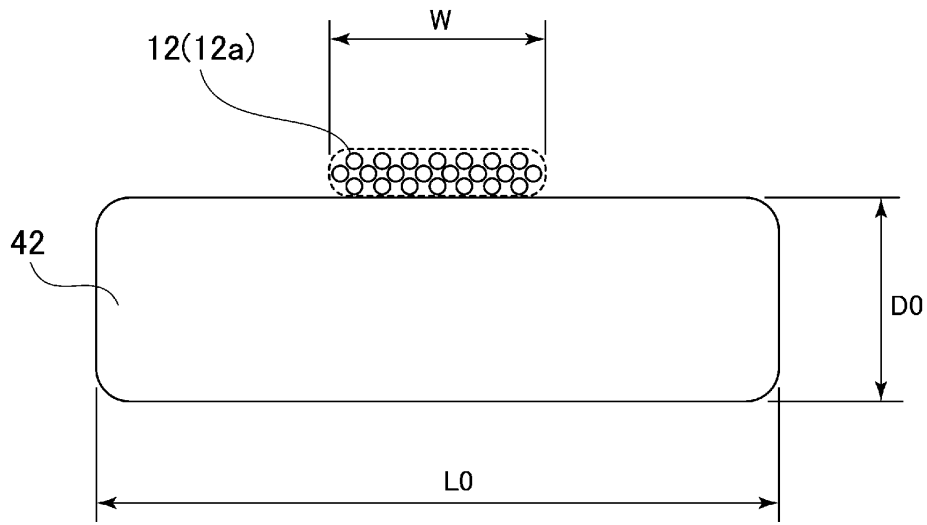




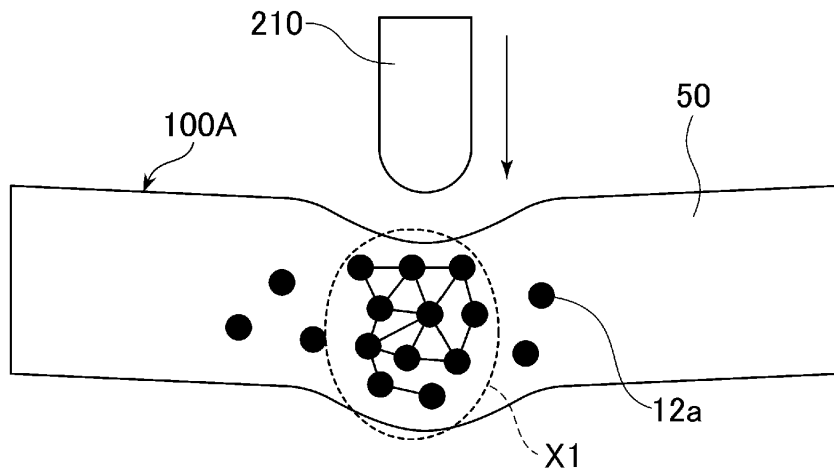
도면6



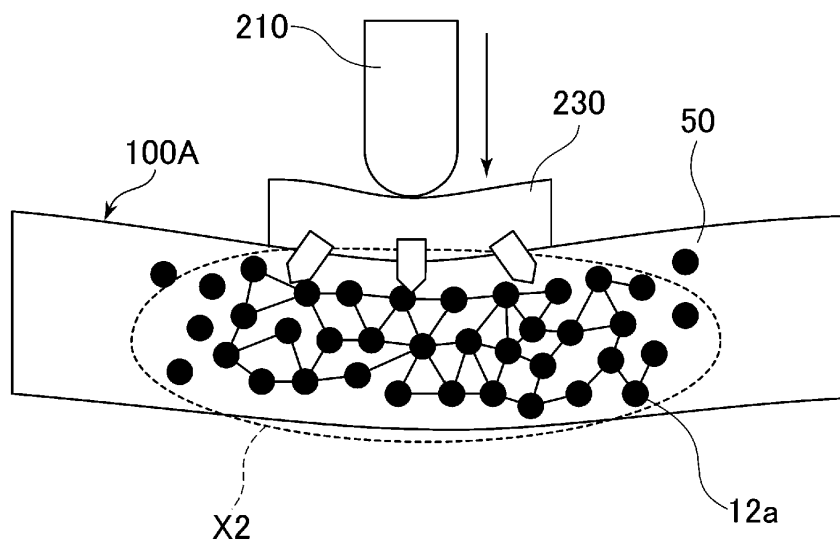
도면7



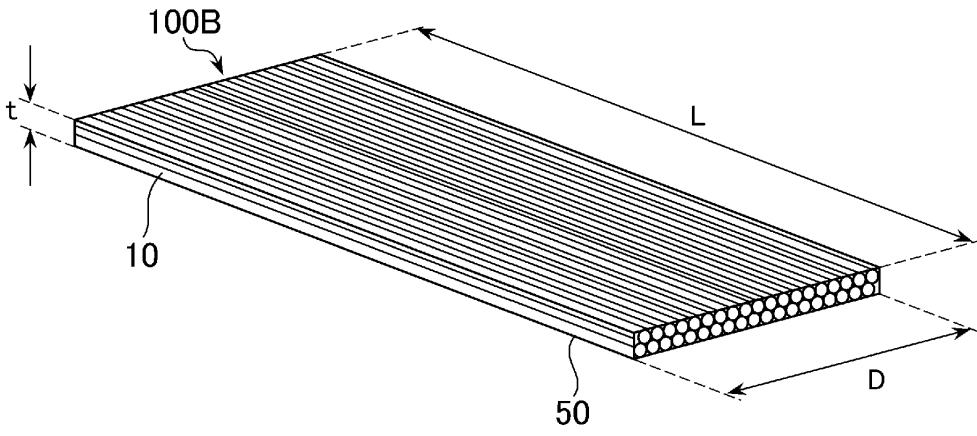
도면8



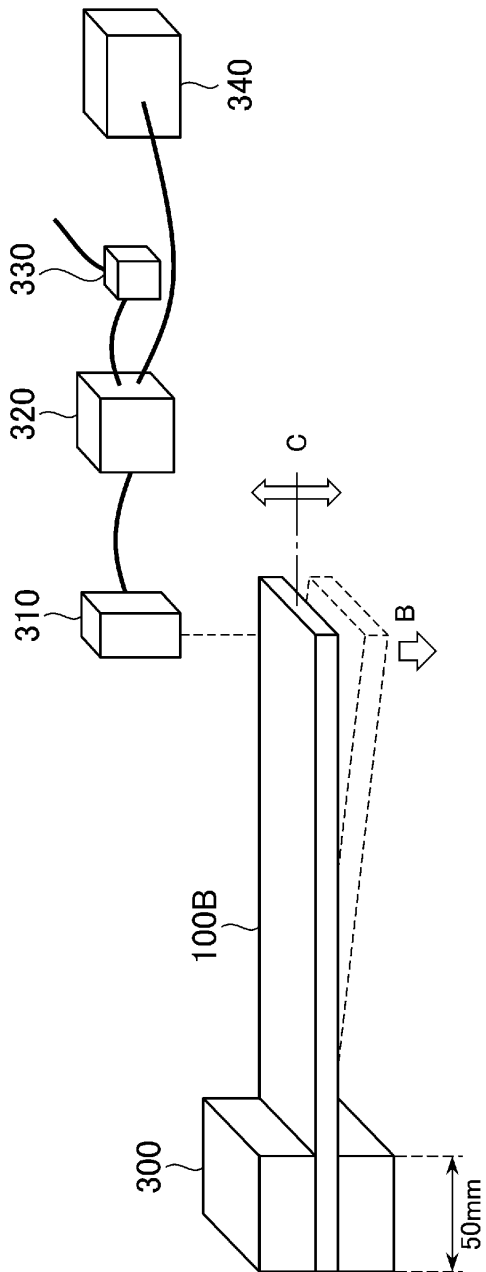
도면9



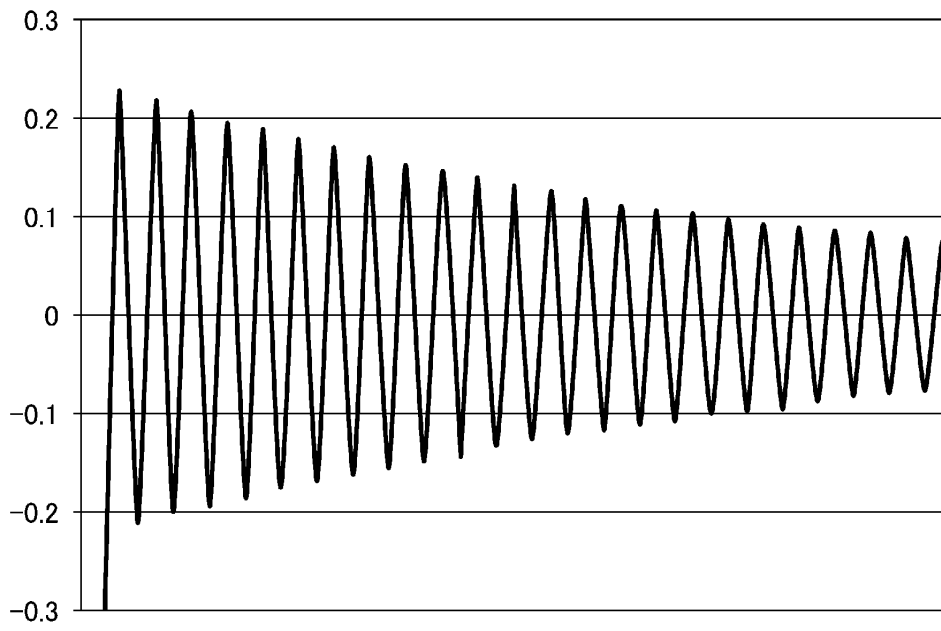
도면10



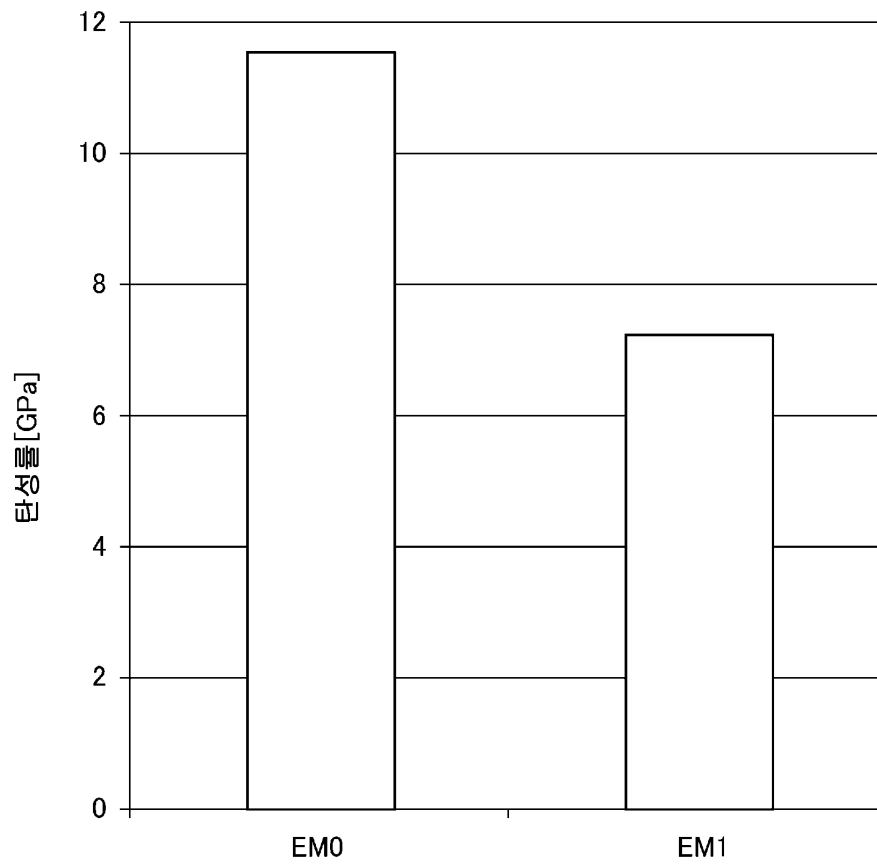
도면11



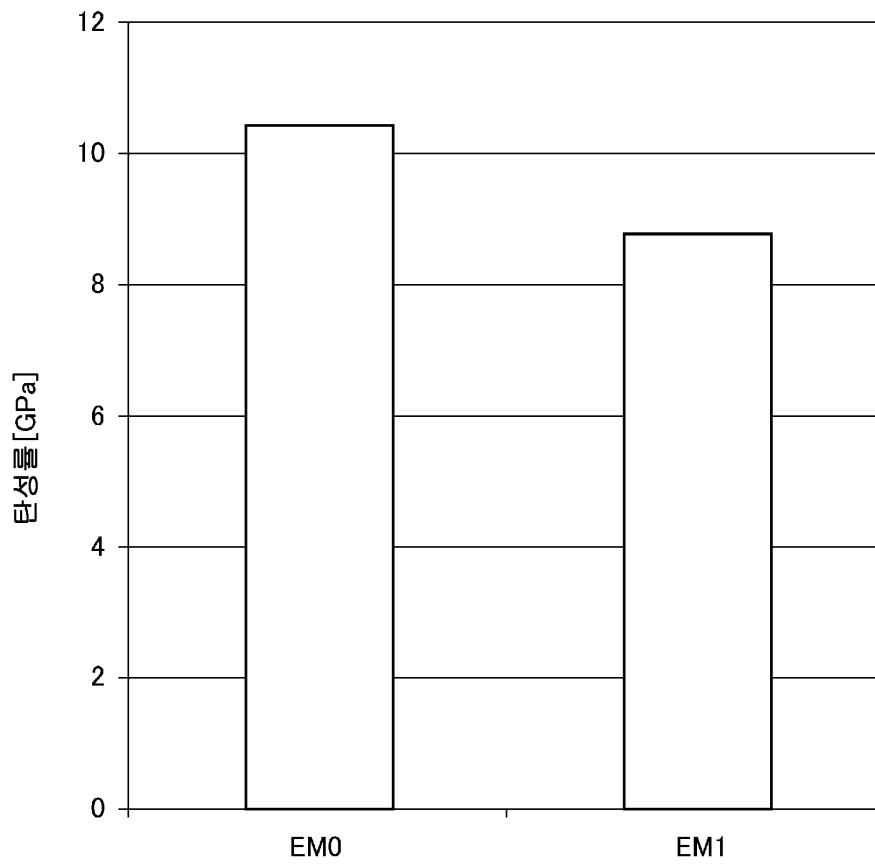
도면12



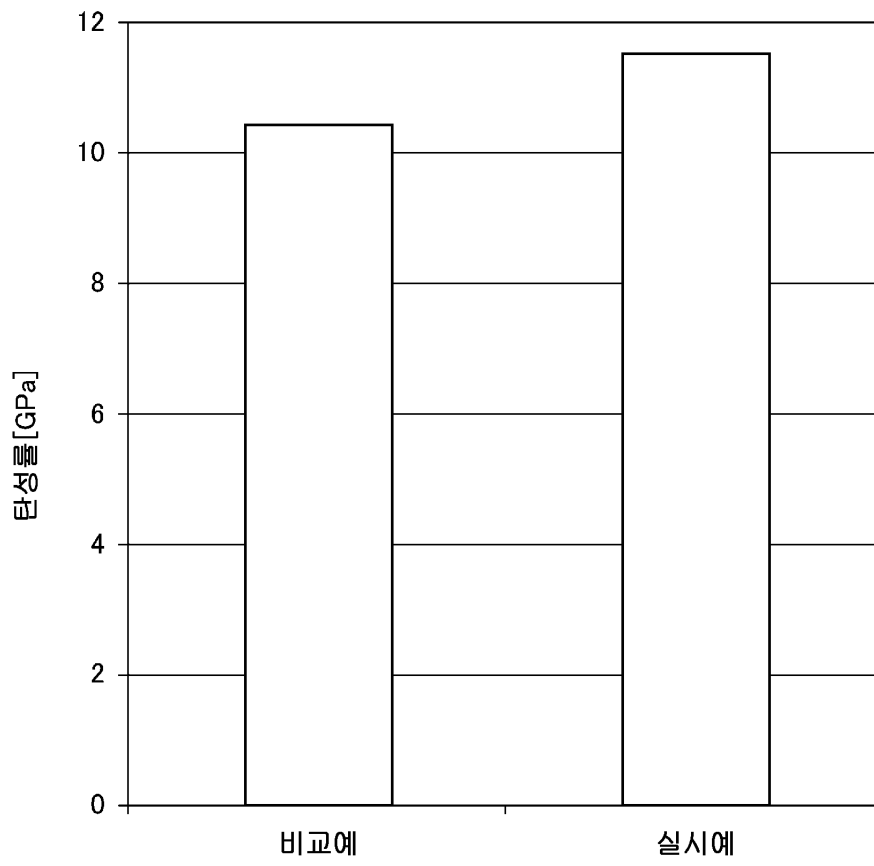
도면13



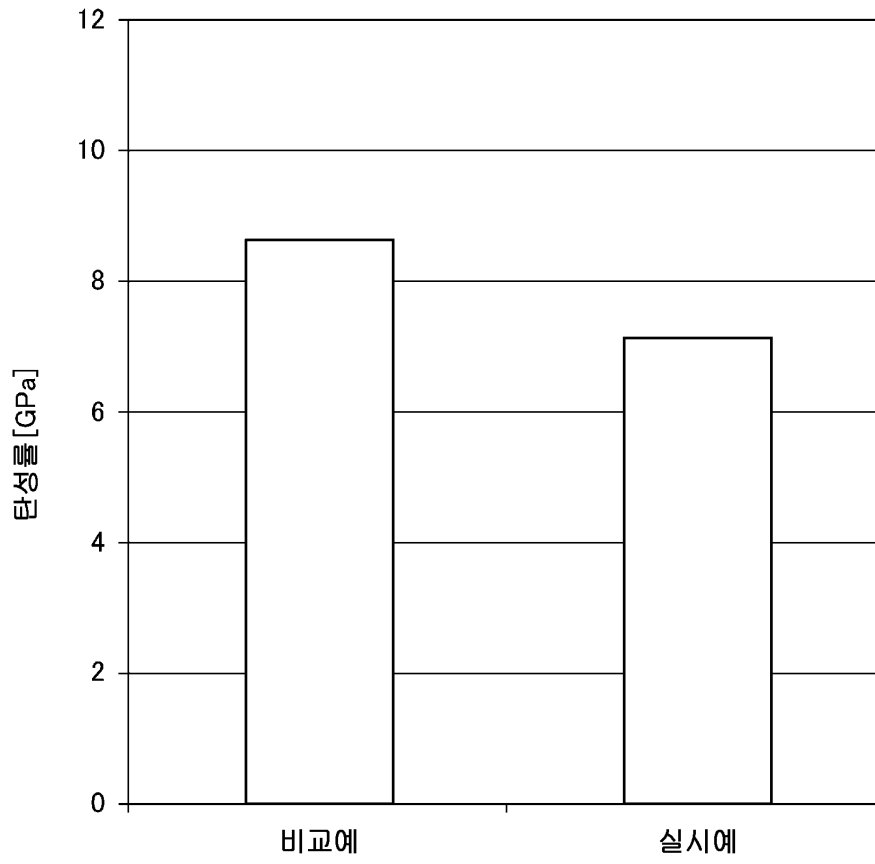
도면14



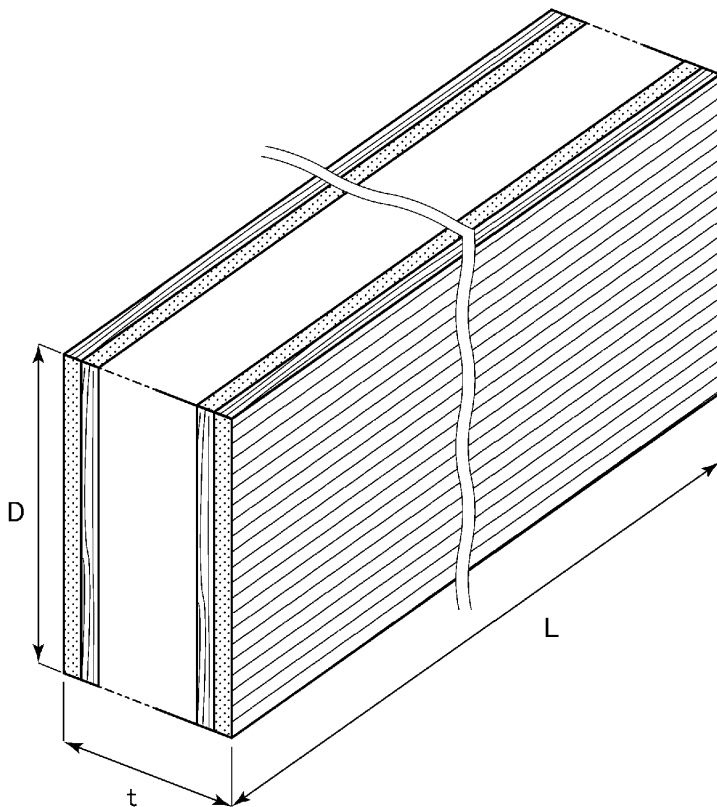
도면15



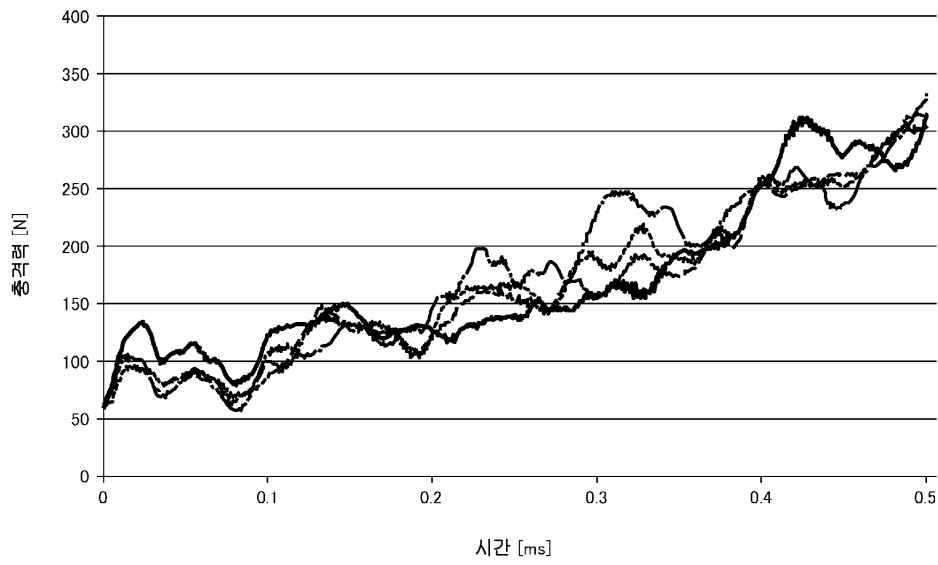
도면16



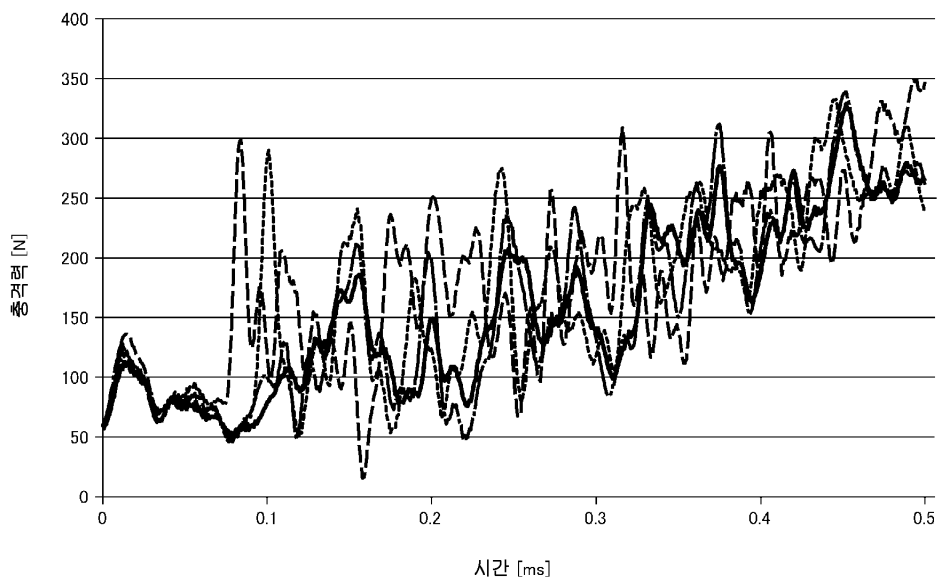
도면17



도면18a



도면18b

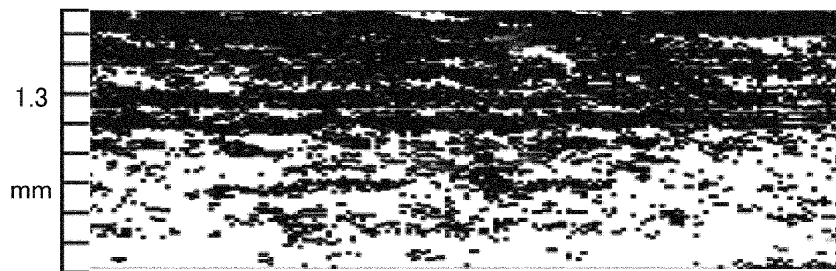




도면19

	충격을 부여한 횡수	
	1회	3회
실시에 3		
비교예 3		

도면20a



도면20b

