



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월31일
(11) 등록번호 10-1984864
(24) 등록일자 2019년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/36 (2013.01)
G01N 3/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0161666
(22) 출원일자 2017년11월29일
심사청구일자 2017년11월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160006463 A*
KR1020170039828 A
JP2006030123 A
KR101483981 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
조범곤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 15 항

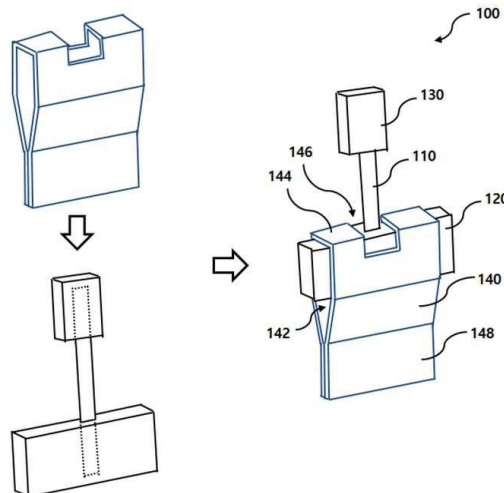
심사관 : 전형태

(54) 발명의 명칭 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편 및 이를 이용한 계면 전단강도 측정 방법

(57) 요약

본 발명은, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편을 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편은, 탄소 섬유; 상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합된 고분자 수지; 상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합된 장착보완부재; 및 상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 지지 부재;를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01N 2001/364 (2013.01)

G01N 2203/0025 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711048631

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 나노·소재기술개발

연구과제명 산화그래핀 기반 고분산/고농도 전도성 그래핀-고분자 중간재 제조기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술연구원

연구기간 2017.03.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

탄소 섬유;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합된 고분자 수지;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합된 장착보완부재; 및

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 지지 부재를 포함하고,

상기 고분자 수지는 상기 고분자 수지 지지 부재와 밀착하는 하나 또는 그 이상의 평면들을 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 탄소 섬유는 다수의 탄소 섬유 필라멘트가 합쳐진 토우로 이루어지는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 고분자 수지는 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 장착보완부재는 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 6

탄소 섬유;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합된 고분자 수지;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합된 장착보완부재; 및

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 지지 부재를 포함하고,

상기 고분자 수지 지지 부재는,

상기 고분자 수지가 삽입되는 수용 영역;

상기 수용 영역의 상부에 위치하고 상기 고분자 수지와 밀착하는 접촉부;

상기 접촉부의 중앙에 위치하고 상기 탄소 섬유가 통과되는 개구부; 및

상기 수용 영역의 하부에 위치하고 인장시험장치의 바이스에 압착되는 압착부;를 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 고분자 수지 지지 부재는 철, 알루미늄, 구리, 또는 스테인레스 스틸로 구성되는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편.

청구항 8

삭제

청구항 9

탄소 섬유를 준비하는 단계;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계; 및

상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계는,

상기 탄소 섬유를 몰드의 본체요소 내에 배치하는 단계;

상기 탄소 섬유를 고정하도록, 상기 탄소 섬유 상에 몰딩구획요소 및 고정 요소를 배치하는 단계;

상기 몰딩구획요소에 의하여 형성된 영역에 고분자 수지를 투입하는 단계; 및

상기 몰드를 가열하여 상기 탄소 섬유와 상기 고분자 수지를 결합시키는 단계;를 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 고분자 수지는 상기 몰딩구획요소에 의하여 형성된 영역에 펠렛으로 투입되는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 고분자 수지는 폴리아미드6를 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 12

탄소 섬유를 준비하는 단계;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계; 및

상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 장착보완부재를 형성하는 단계는,

상기 탄소 섬유의 타단부를 액상 고분자 물질 내에 침지시킨 후 배출시킴으로써, 상기 타단부에 고상화된 고분자 물질이 결합되어 이루어지는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 액상 고분자 물질은 에폭시 레진을 포함하는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 14

탄소 섬유를 준비하는 단계;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계; 및

상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는,

상기 탄소 섬유가 상기 고분자 수지 지지 부재에 의하여 지지되는 상기 고분자 수지로부터 이탈되는 힘을 인가 받아 수행되는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 15

청구항 9 내지 청구항 14 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는,

상기 고분자 수지 지지 부재는 상기 인장시험장치의 제1 바이스에 의하여 고정되고, 상기 장착보완부재는 상기 인장시험장치의 제2 바이스에 의하여 고정되어 수행되는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 16

탄소 섬유를 준비하는 단계;

상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계;

상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계; 및

상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는,

상기 인장시험장치으로부터 유도되는 제1 인장력은 상기 고분자 수지 지지 부재에 의하여 상기 고분자 수지에만 인가되고 상기 탄소 섬유에는 인가되지 않고, 상기 인장시험장치로부터 유도되는 제2 인장력은 상기 장착보완부재와 상기 탄소 섬유에 모두 인가되어 수행되는, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

청구항 17

청구항 9 내지 청구항 14 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄소 섬유는 폴리아미드 6,10으로 코팅되거나 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 탄소 섬유와 고분자 수지를 포함하는 섬유 강화 복합 재료들은 상대적으로 높은 강도, 강성도(stiffness), 및 인성(toughness)을 가지므로, 다양한 분야에 적용되고 있다. 종래에 노동 및 또는 에너지 집약형 공정을 이용하여 금속 및 그 밖의 고중량 물질로부터 제조되었던 제품이, 이제는 상대적으로 저렴하고 보다 신속하게, 적은 에너지를 투입하여 제조될 수 있다. 고분자 물질을 이용하여 소자를 제조하는 경우, 일반적으로 금속이나 그 밖의 구조 물질로부터 제조된 동등한 물품보다 가벼운 물품이 만들어진다. 그러나, 중량을 감소시키면 일반적으로 강도가 감소하게 된다. 이러한 강도 감소를 보완하기 위하여 탄소 섬유를 추가하여 보강하게 된다. 이러한 섬유 강화 복합 재료의 전체적인 성능을 결정하기 위하여, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도를 측정하고 있다. 그러나, 상기 계면 전단강도 측정을 위한 표준화된 측정 방법이 아직 설정되지 못하는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국 특허발행번호 US 5255562 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 복합재료의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도를 측정하기 위한 계면 전단강도 측정 시편을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 복합재료의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도를 측정하는 계면 전단강도 측정 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편은, 탄소 섬유; 상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합된 고분자 수지; 상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합된 장착보완부재; 및 상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 지지 부재;를 포함한다.

[0008] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소 섬유는 다수의 탄소 섬유 필라멘트가 합쳐진 토우로 이루어질 수 있다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지는 상기 고분자 수지 지지 부재와 밀착하는 하나 또는 그 이상의 평면들을 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지는 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 장착보완부재는 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지 지지 부재는, 상기 고분자 수지가 삽입되는 수용 영역; 상기 수용 영역의 상부에 위치하고 상기 고분자 수지와 밀착하는 접촉부; 상기 접촉부의 중앙에 위치하고 상기 탄소 섬유가 통과되는 개구부; 및 상기 수용 영역의 하부에 위치하고 인장시험장치의 바이스에 압착되는 압착부;를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지 지지 부재는 철, 알루미늄, 구리, 또는 스테인레스 스틸

로 구성될 수 있다.

- [0014] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은, 탄소 섬유를 준비하는 단계; 상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계; 상기 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계; 상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계; 및 상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계;를 포함한다.
- [0015] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계는, 상기 탄소 섬유를 몰드의 본체요소 내에 배치하는 단계; 상기 탄소 섬유를 고정하도록, 상기 탄소 섬유 상에 몰딩구획요소 및 고정 요소를 배치하는 단계; 상기 몰딩구획요소에 의하여 형성된 영역에 고분자 수지를 투입하는 단계; 및 상기 몰드를 가열하여 상기 탄소 섬유와 상기 고분자 수지를 결합시키는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지는 상기 몰딩구획요소에 의하여 형성된 영역에 펠렛으로 투입될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 고분자 수지는 폴리아미드6를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 장착보완부재를 형성하는 단계는, 상기 탄소 섬유의 타단부를 액상 고분자 물질 내에 침지시킨 후 배출시킴으로써, 상기 타단부에 고상화된 고분자 물질이 결합되어 이루어질 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 액상 고분자 물질은 에폭시 레진을 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는, 상기 탄소 섬유가 상기 고분자 수지 지지 부재에 의하여 지지되는 상기 고분자 수지로부터 이탈되는 힘을 인가받아 수행될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는, 상기 고분자 수지 지지 부재는 상기 인장시험장치의 제1 바이스에 의하여 고정되고, 상기 장착보완부재는 상기 인장시험장치의 제2 바이스에 의하여 고정되어 수행될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 계면 전단강도를 측정하는 단계는, 상기 인장시험장치로부터 유도되는 제1 인장력은 상기 고분자 수지 지지 부재에 의하여 상기 고분자 수지에만 인가되고 상기 탄소 섬유에는 인가되지 않고, 상기 인장시험장치로부터 유도되는 제2 인장력은 상기 장착보완부재와 상기 탄소 섬유에 모두 인가되어 수행될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소 섬유는 폴리아미드 6,10으로 코팅되거나 폴리아미드 6,10과 탄소 나노튜브의 혼합물로 코팅될 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은 풀-아웃 방식과 마이크로본드 방식을 혼합한 방식이다. 종래의 계면 전단강도 측정 방식은 하나의 탄소 섬유 필라멘트를 사용하고 고분자 수지를 마이크로드롭을 형성하여야 하는 공정 상의 복잡함과 어려움이 있고, 측정 방법 또한 까다로운 한계가 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은 고분자 수지의 마이크로드롭(microdrop)을 형성할 필요가 없으며, 탄소 섬유를 섬유 한 가닥 수준의 필라멘트 단계가 아닌 섬유 묶음 수준의 토우(tow) 단계로서 사용하고, 범용 인장시험장치를 사용할 수 있으므로, 별크 크기의 탄소 섬유 및 고분자 수지의 계면 전단강도를 간단하고 용이하게 측정할 수 있다. 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은 계면 전단강도에 대한 표준화된 측정 방법으로 제시될 수 있다.
- [0025] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법의 원리를 설명하

는 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편을 도시하는 개략도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법에서 고분자 수지를 형성하는 단계를 설명하는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법에서 장착 보완부재를 형성하는 단계를 설명하는 사진들이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법에서 계면 전단강도를 측정하는 단계를 설명하는 개략도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법을 이용하여 측정된 복합재의 인장력과 인장 변형율의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법을 이용하여 측정된 복합재의 계면 전단강도를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법의 원리를 설명하는 모식도이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 하중을 탄소 섬유에 가하여 계면 전단강도를 측정하는 방식으로, (a)에 도시된 탄소 섬유에 하중을 가하여 당기는 풀-아웃(pull-out) 방식 및 (b)에 도시된 고분자 수지를 마이크로바이스(microvise)로 고정하고, 탄소 섬유에 하중을 가하여 당기는 마이크로본드(microbond) 방식이 있다. 또한, 하중을 고분자 수지에 가하여 계면 전단강도를 측정하는 방식으로, (c)에 도시된 고분자 수지에 하중을 가하여 밀어내어 탄소 섬유를 상기 고분자 수지로부터 이탈시키는 푸쉬-아웃(push-out) 방식, (d)에 도시된 탄소 섬유를 내장한 고분자 수지를 인장하는 세분화(fragmentation) 방식, 및 (e)에 도시된 탄소 섬유를 내장한 고분자 수지를 압축하는 브라우트만 시험(Broutman test) 방식이 있다.

[0030] 이 중에서, 상대적으로 간단한 장치로서 시행할 수 있고, 시험 규격이 구체적이고 명확하여 시험 결과의 활용도가 높은 풀-아웃 방식과 마이크로본드 방식이 널리 이용된다. 반면, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도는 탄소 섬유의 직경과 기계적 물성 및 고분자 수지의 기계적 물성에 따라 달라지지만, 상술한 시험에 따른 결과에서는 무시되는 것이 일반적이다. 따라서, 풀-아웃 방식이 탄소 섬유의 종류와 고분자 수지의 종류에 제한되지 않으므로 그 활용도가 상대적으로 높다. 그러나, 아직 풀-아웃 방식에 대한 표준화가 이루어지지 못하고 있다.

[0031] 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은 풀-아웃 방식과 마이크로본드 방식을 혼합한 방식이다. 종래의 계면 전단강도 측정 방식은 하나의 탄소 섬유 필라멘트를 사용하고 고분자 수지를 마이크로드롭을 형성하여야 하는 공정 상의 복잡함과 어려움이 있고, 측정 방법 또한 까다로운 한계가 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은 고분자 수지의 마이크로드롭(microdrop)을 형성할 필요가 없으며, 탄소 섬유를 섬유 한 가닥 수준의 필라멘트 단계가 아닌 섬유 묶음 수준의 토우(tow) 단계로서 사용하고, 범용 인장시험장치를 사용할 수 있으므로, 벌크 크기의 탄소 섬유 및 고분자 수지의 계면 전단강도를 간단하고 용이하게 측정할 수 있다.

- [0032] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 시편(100)을 도시하는 개략도이다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 계면 전단강도 측정 시편(100)은 탄소 섬유(110), 고분자 수지(120), 장착보완부재(130), 및 고분자 수지 지지 부재(140)를 포함한다.
- [0034] 탄소 섬유(110)는 일방향으로 긴 형상을 가지며, 다수의 탄소 섬유 필라멘트(filament)가 합쳐진 토우(tow)로 이루어질 수 있다.
- [0035] 고분자 수지(120)는 탄소 섬유(110)의 일단부를 수용하여 결합될 수 있다. 고분자 수지(120)는 고분자 수지 지지 부재(140)와 밀착하는 하나 또는 그 이상의 평면들을 포함할 수 있다. 상기 고분자 수지(120)는 탄소 섬유(110)와 결합되는 다양한 고분자 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0036] 장착보완부재(130)는 탄소 섬유(110)의 타단부를 수용하여 결합될 수 있다. 장착보완부재(130)는 탄소 섬유(110)가 인장시험장치의 바이스에 밀착하여 장착되어 인장 시험 중에 탄소 섬유(110)가 이탈되는 것을 방지하는 기능을 수행할 수 있다. 장착보완부재(130)는 상기 기능을 수행하도록 다양한 고분자 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 폴리아미드6, 폴리아미드66, 폴리아미드12, 폴리아미드610, 폴리에스테르, 비닐에스터, 및 에폭시 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0037] 고분자 수지 지지 부재(140)는 탄소 섬유(110)는 통과되고 고분자 수지(120)를 수용하여 지지할 수 있다. 고분자 수지 지지 부재(140)는 고분자 수지(120)가 삽입되는 수용 영역(142), 수용 영역(142)의 상부에 위치하고 고분자 수지(120)와 밀착하는 접촉부(144), 접촉부(144)의 중앙에 위치하고 탄소 섬유(110)가 통과되는 개구부(146), 및 수용 영역(142)의 하부에 위치하고 인장시험장치의 바이스에 압착되는 압착부(148)를 포함할 수 있다. 고분자 수지 지지 부재(140)는 금속으로 구성될 수 있고, 예를 들어 철, 알루미늄, 구리, 또는 스테인레스 스틸로 구성될 수 있다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법(S100)을 도시하는 흐름도이다.
- [0039] 도 3을 참조하면, 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법(S100)은, 탄소 섬유를 준비하는 단계(S110); 상기 탄소 섬유의 일단부를 수용하여 결합되는 고분자 수지를 형성하는 단계(S120); 탄소 섬유의 타단부를 수용하여 결합되는 장착보완부재를 형성하는 단계(S130); 상기 탄소 섬유는 통과되고 상기 고분자 수지를 수용하여 지지하는 고분자 수지 부재를 장착하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계(S140); 상기 계면 전단강도 측정 시편을 인장시험장치에 장착하여 계면 전단강도를 측정하는 단계(S150);를 포함한다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법(S100)에서 고분자 수지를 형성하는 단계(S120)를 설명하는 개략도이다.
- [0041] 도 4를 참조하면, 몰드(200)는 본체요소(210), 몰딩구획요소(220), 고정요소(230)를 포함한다. 몰드를 사용하여 계면 전단강도 측정 시편을 형성하는 단계는 다음과 같다. 먼저, 탄소 섬유(110)를 몰드의 본체요소 내에 배치한다. 탄소 섬유(110)를 고정하도록, 탄소 섬유(110) 상에 몰딩구획요소(220)와 고정 요소(230)를 배치한다. 몰딩구획요소(220)에 의하여 형성된 영역에 고분자 수지(120)를 투입한다. 몰드(200)를 가열하여 탄소 섬유(110)와 고분자 수지(120)를 결합시킨다.
- [0042] 고분자 수지(120)는 몰딩구획요소(220)에 의하여 형성된 영역에 펠렛으로 투입될 수 있다. 몰드(200)를 가열하면, 열가소성 수지인 고분자 수지(120)가 유동성을 가지게 되어 펠렛 형상으로부터 단일체로 변할 수 있고, 이에 따라 탄소 섬유(110)를 수용하고 결합할 수 있다. 도 4에서는, 상기 탄소 섬유는 코팅되지 않거나, 폴리아미드 6,10으로 코팅되거나 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅될 수 있다. 또한, 상기 고분자 수지로서 폴리아미드6을 사용할 수 있다.
- [0043] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법(S100)에서 장착보완부재를 형성하는 단계(S130)를 설명하는 사진들이다.
- [0044] 도 5를 참조하면, 상기 장착보완부재를 형성하는 단계는, 탄소 섬유의 타단부를 액상 고분자 물질 내에 침지시킨 후 배출시킴으로써, 상기 타단부에 고상화된 고분자 물질이 결합되어 이루어질 수 있다. 도 5에서는, 고분자 물질로서 에폭시 레진을 사용할 수 있다.

[0045] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 도 3의 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법(S100)에서 계면 전단강도를 측정하는 단계(S150)를 설명하는 개략도이다.

[0046] 도 6을 참조하면, 계면 전단강도 측정 시편(100)의 고분자 수지(120)를 수용하는 고분자 수지 지지 부재(140)는 인장시험장치(300)의 하부에 위치한 제1 바이스(320)에 의하여 고정된다. 하부 바이스(320)는 고분자 수지 지지 부재(140)를 압착하며 탄소 섬유(110)는 압착하지 않는다. 계면 전단강도 측정 시편(100)의 장착보완부재(130)는 인장시험장치(300)의 상부에 위치한 제2 바이스(330)에 의하여 고정된다. 제2 바이스(330)는 장착보완부재(130)와 탄소 섬유(110)를 함께 압착한다. 이에 따라, 인장시험을 수행하면, 인장시험장치(300)으로부터 유도되는 하측 방향의 제1 인장력은 고분자 수지 지지 부재(140)에 의하여 고분자 수지(120)에만 인가되고 탄소 섬유(110)에는 인가되지 않는다. 인장시험장치(300)으로부터 유도되는 상측 방향의 제2 인장력은 장착보완부재(130)와 탄소 섬유(110)에 모두 인가된다. 결과적으로, 탄소 섬유(110)는 고분자 수지 지지 부재(140)에 의하여 지지되는 고분자 수지(120)로부터 이탈되는 힘을 인가받게 된다. 인장시험장치(300)는 범용 인장시험장치로 구성될 수 있다. 이러한 인장력의 인가 방식은 상술한 바와 같은 풀-아웃 방식과 마이크로본드 방식을 조합한 것이다.

[0048] 이하에서는, 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법의 실험예를 설명하기로 한다. 인장 시험은 범용인장시험장치를 이용하였으며, 10 mm/분 의 속도로 수행하였다. 샘플은 코팅이 없는 탄소 섬유, 폴리아미드 6,10으로 코팅된 탄소 섬유, 및 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된 탄소 섬유로 세가지로 준비하였다. 폴리아미드 6,10은 폴리아미드 6와 호환성이 좋으므로 계면전단강도 측정에 문제되지 않는다.

[0049] 계면전단강도는 탄소 섬유가 고분자 수지로부터 뽑히거나 끊어질 때 측정되는 강도로서 하기의 식으로 도출될 수 있다.

$$\tau_0 = \frac{P_{max}}{\pi d_f L_e}$$

[0050]

[0051] (여기에서, τ_0 는 계면전단강도, P_{max} 는 파괴시 응력, d_f 는 샘플의 탄소 섬유의 직경, L_e 는 뽑히기 전 고분자 수지 내의 탄소 섬유 길이임)

[0052] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법을 이용하여 측정된 복합재의 인장력과 인장 변형율의 관계를 나타내는 그래프이다.

[0053] 도 7을 참조하면, 코팅이 없는 탄소 섬유("Sized CF/PA6"로 표시됨), 폴리아미드 6,10으로 코팅된 탄소 섬유("PA6,10 Coated CF/PA6"로 표시됨), 및 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된 탄소 섬유("PA6,10 CNT Coated CF/PA6"로 표시됨)에 대한 인장력-인장 변형율이 도시되어 있다. 코팅이 없는 탄소 섬유는 부분적으로 뽑혀나갔으며, 최대 인장력은 28.165 N이었다. 폴리아미드 6,10으로 코팅된 탄소 섬유는 부분적으로 뽑혀나갔으며, 최대 인장력은 41.014 N이었다. 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된 탄소 섬유는 섬유가 파손되었으며, 최대 인장력은 41.974 N이었다.

[0054] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법을 이용하여 측정된 복합재의 계면 전단강도를 나타내는 그래프이다.

[0055] 도 8을 참조하면, 상기 코팅이 없는 탄소 섬유는 12.59 N/mm² 의 계면 전단강도를 나타내었다. 상기 폴리아미드 6,10으로 코팅된 탄소 섬유는 14.51 N/mm² 의 계면 전단강도를 나타내었다. 상기 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된 탄소 섬유는 19.77 N/mm² 의 계면 전단강도를 나타내어, 코팅이 없는 탄소 섬유에 비하여 57% 증가되었다.

[0056] 따라서, 상기 폴리아미드 6,10과 탄소나노튜브의 혼합물로 코팅된 탄소 섬유는 섬유가 파손되고, 57% 증가된 계면 전단강도를 나타냄에 따라, 고분자와 섬유 간의 계면 결합이 상기 코팅이 없는 탄소 섬유에 비하여 강한 것으로 분석된다.

[0057] 이러한 결과로서, 본 발명의 기술적 사상에 따른 탄소 섬유와 고분자 수지 사이의 계면 전단강도 측정 방법은

계면 전단강도에 대한 표준화된 측정 방법으로 제시될 수 있다.

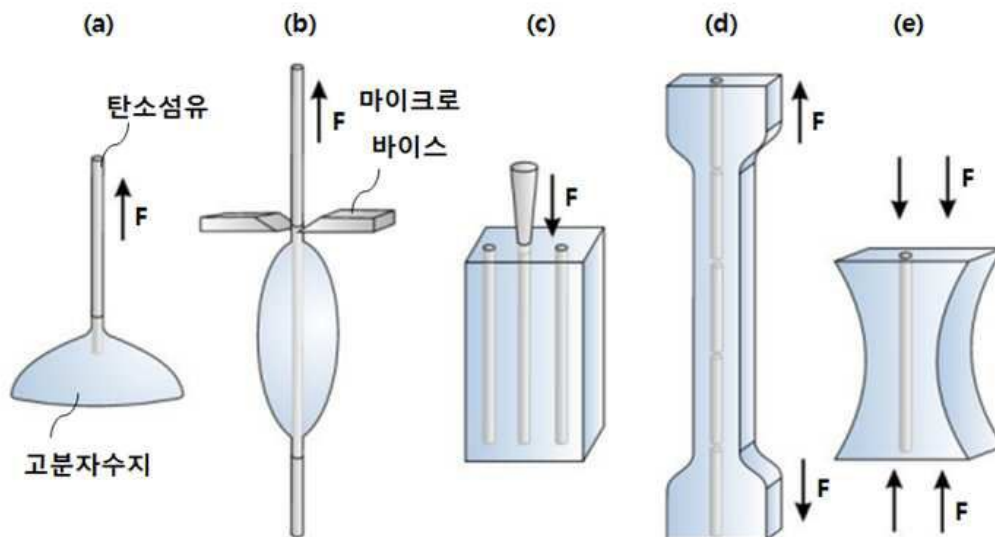
[0058] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

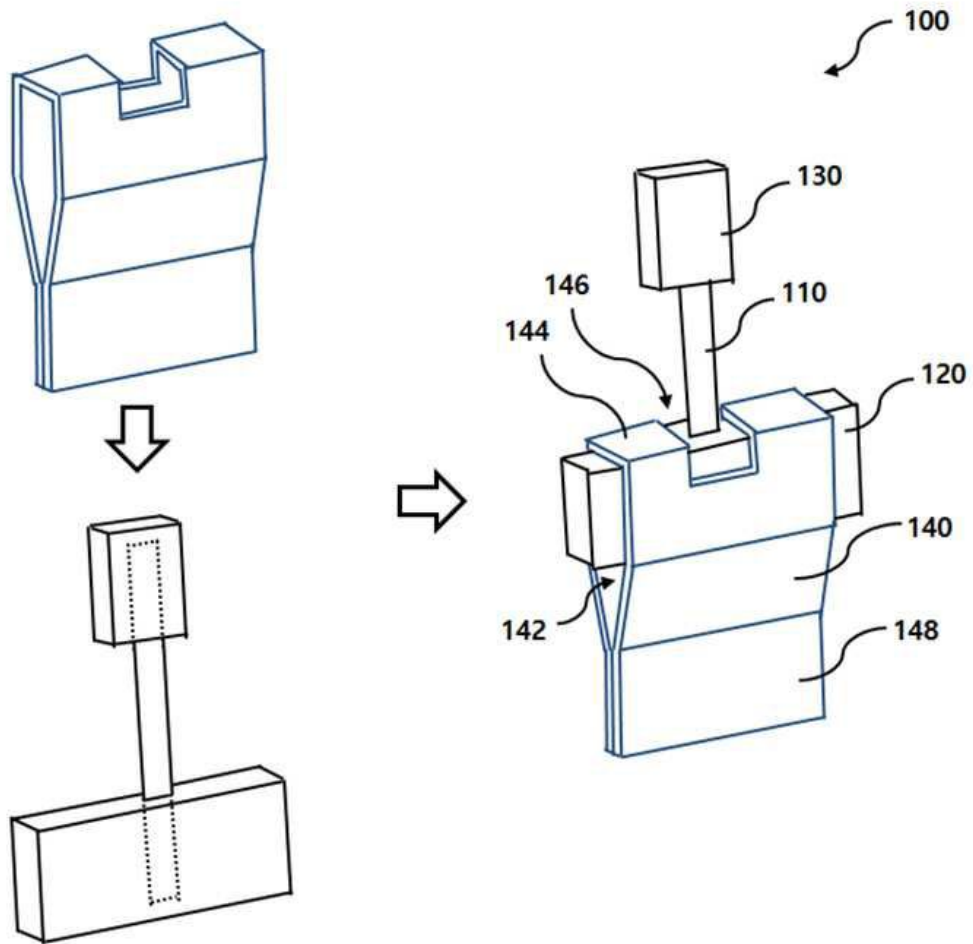
[0059] 100: 계면 전단강도 측정 시편, 110: 탄소 섬유,
120: 고분자 수지, 130: 장착보완부재,
140: 지지 부재, 142: 수용 영역, 144: 접착부,
146: 개구부, 148: 압착부,
200: 몰드, 210: 본체요소,
220: 물당구획요소, 230: 고정요소,
300: 인장시험장치, 320: 제1 바이스, 330: 제2 바이스,

도면

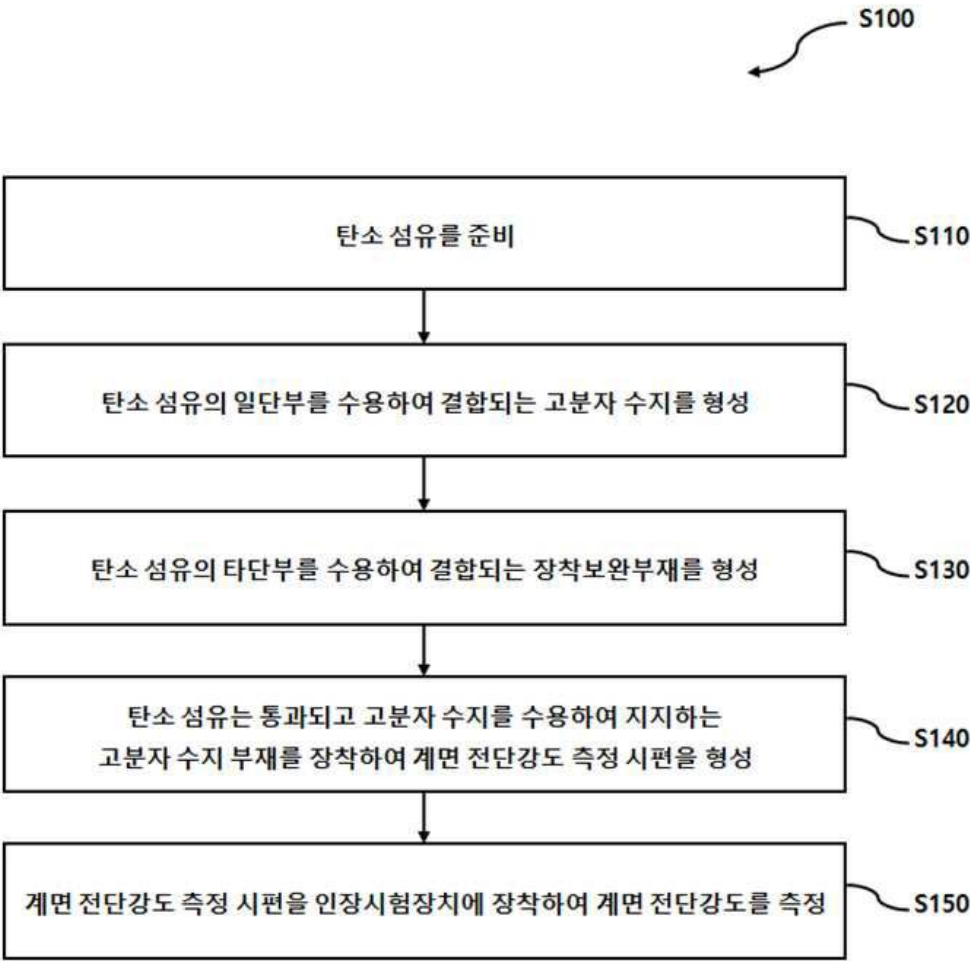
도면1



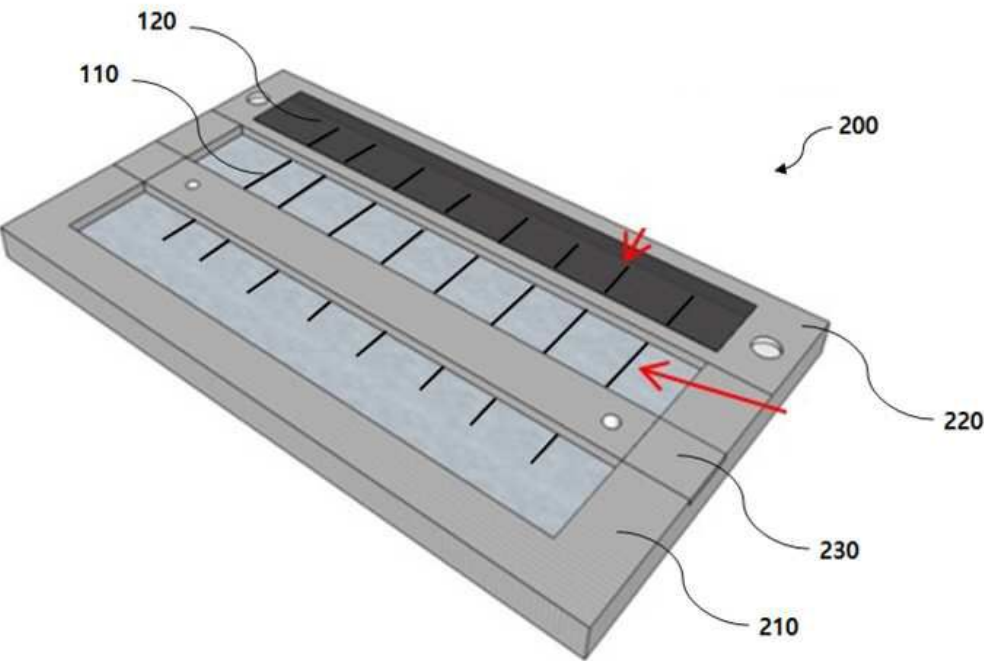
도면2



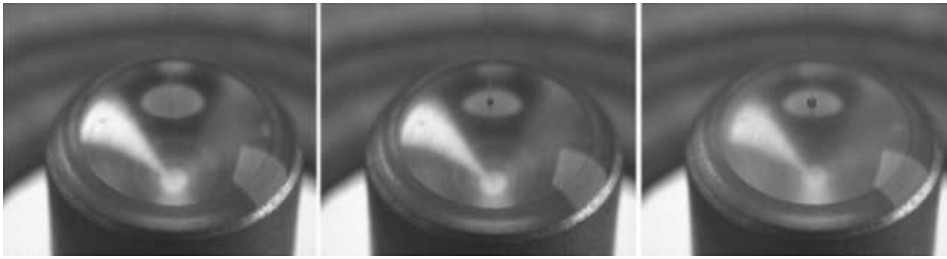
도면3



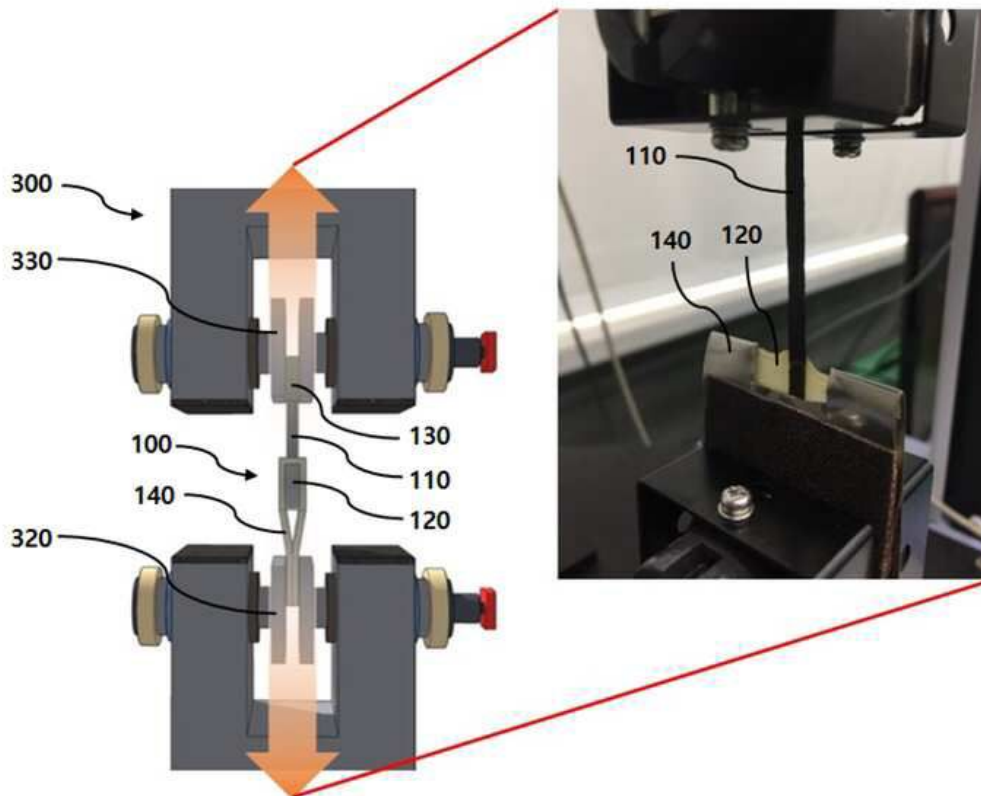
도면4



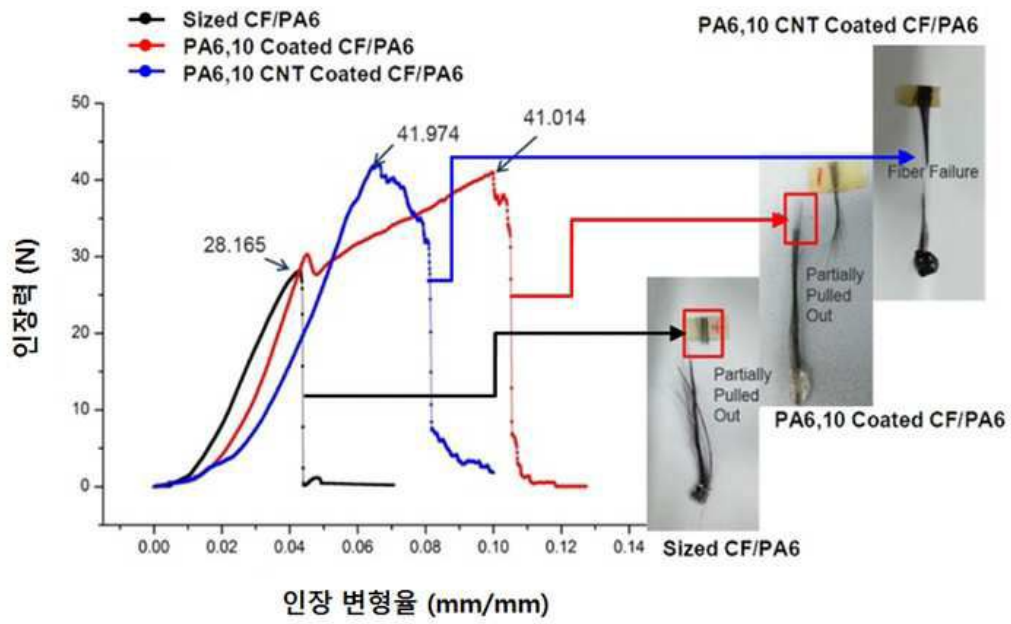
도면5



도면6



도면7



도면8

