



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0121019
(43) 공개일자 2014년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 5/06 (2006.01) C08K 7/02 (2006.01)
C08K 9/04 (2006.01) C08L 101/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0036975
(22) 출원일자 2013년04월04일
심사청구일자 2013년04월04일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이원오
경남 창원시 성산구 대암로 253, 111동 602호 (성주동, 일신대동프리빌리지아파트)
이제욱
경상남도 창원시 성산구 가음정동 재료연구소아파트 302호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

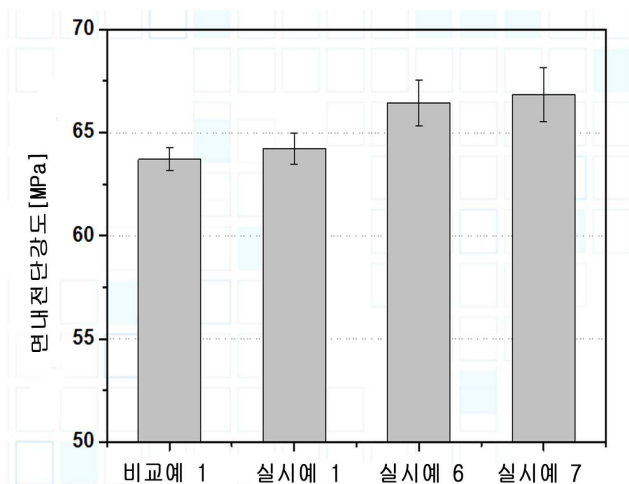
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **폴리도파민을 이용한 탄소섬유강화플라스틱 복합재 및 이의 제조방법**

(57) 요약

본 발명의 목적은 폴리도파민을 이용한 탄소섬유강화플라스틱 복합재 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있다. 이를 위하여, 본 발명은 고분자기지; 및 상기 고분자 기지 내로 구비되는 복수의 탄소섬유를 포함하고, 상기 탄소섬유들은 그 표면에 폴리도파민이 코팅된 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)를 제공한다. 또한, 본 발명은 탄소섬유를 도파민용액에 넣고 교반하여 탄소섬유의 표면을 폴리도파민으로 코팅하는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계(단계 2);를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법을 제공한다. 본 발명에 따르면, 탄소섬유의 표면을 점착력이 좋은 폴리도파민으로 코팅하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조함으로써 기계적 물성이 향상된 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조할 수 있다.

대표도 - 도11



(72) 발명자

변준형

부산 남구 분포로 113, 215동 2404호 (용호동, 엘지메트로시티아파트)

이진우

경남 창원시 성산구 가음정로43번길 22, A동 102호 (가음동, 효성기계아파트)

이상복

경남 김해시 팔판로 93, 407동 305호 (관동동, 팔판마을4단지푸르지오)

정병문

서울 강서구 허준로 47, 210동 606호 (가양동, 가양2단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 N000059601_00199613

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 부품.소재 국제공동기술개발사업

연구과제명 항공기용 다기능성 복합재 프리폼 및 고성형성 타이타늄 합금 판재 개발(1/3)

기여율 70/100

주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K2090300202212E010003810

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 글로벌연구실사업(GRL)

연구과제명 구조용 다기능성 마이크로/나노 복합재료 개발(3/3)

기여율 30/100

주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

고분자기지; 및

상기 고분자 기지 내로 구비되는 복수의 탄소섬유를 포함하고, 상기 탄소섬유들은 그 표면에 폴리도파민이 코팅된 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP).

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 기지는 에폭시 수지, 페놀 수지, 비닐에스터 수지, 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리에스테르 수지, 폴리에틸렌 수지, 폴리이미드 수지, 폴리올레핀 수지, 폴리에테르에테르케톤 수지, 폴리에테르설폰 수지 및 폴리염화비닐 수지로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 폴리도파민은 탄소 섬유 표면의 10 nm 내지 100 nm의 두께로 코팅되는 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재.

청구항 4

탄소섬유를 도파민용액에 넣고 교반하여 탄소섬유 표면의 폴리도파민으로 코팅하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계(단계 2);

를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 단계 1을 수행하기 전에 탄소섬유 표면의 전처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 전처리는 열처리, 알코올처리, 플라즈마처리 및 오존처리로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법을 통해 수행되는 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 단계 1의 도파민 용액은 도파민 하이드로클로라이드(Dopamine hydrochloride), 노레피네프린 하이드로클로라이드(Norepinephrine hydrochloride) 및 에피네프린 하이드로클로라이드(Epinephrine hydrochloride)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종을 용매에 녹여 제조된 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 용매는 버퍼용액, 에틸렌 글라이콜(Ethylene glycol), 다이메틸 설펝사이드(dimethyl sulfoxide) 및 다이메틸포름아마이드(dimethylformamide)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 단계 1에서 상기 탄소섬유는 도파민용액에 넣고 10 내지 100 시간 동안 교반되는 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 10

제 4 항에 있어서,

상기 단계 2의 가공은 진공성형(VARTM, Vacuum assisted resin transfer molding), 압축 성형, 진공백 성형 및 오토클레이브 성형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법을 통해 수행되는 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

청구항 11

제 4 항에 있어서,

상기 단계 2의 고분자 기지는 에폭시 수지, 페놀 수지, 비닐에스터 수지, 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리에스테르 수지, 폴리에틸렌 수지, 폴리이미드 수지, 폴리올레핀 수지, 폴리에테르에테르케톤 수지, 폴리에테르설폰 수지 및 폴리염화비닐 수지로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 폴리도파민을 이용한 탄소섬유강화플라스틱 복합재 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 탄소 섬유 강화 복합재료는 비강도, 비탄성, 내열성과 같은 물성이 다른 종류의 섬유에 비해 월등히 우수하고, 경량이면서 고강도, 고탄성 복합체를 만들 수 있는 장점이 있는 물질이다. 탄소섬유 강화 복합재료에 있어서, 탄소 섬유를 포함하는 매트릭스가 플라스틱인 것을 탄소섬유 강화 플라스틱이라 하고, 금속인 것을 탄소섬유강

화금속, 탄소인 것을 탄소복합재료라고 한다.

[0003] 상기 탄소섬유 강화 복합재료는 1950년대에서 시작되어 오늘날에 이르기까지 여러 분야에서 사용이 점차 증가하고 있다. 특히 탄소 섬유 강화 복합재료의 발달은 소재 고유의 특성인 비강성, 내식성, 내마모성, 고강도, 우수한 감쇠특성으로 현재 항공산업에 가장 많이 사용되고 있으며, 스포츠용품, 기계구조물, 자동차 등 많은 분야에서 사용이 점차 증가하고 있다. 그중, 직물 복합재료는 취급이 용이하고 유연성이 높기 때문에 복잡한 형상을 가지는 금형에 적용하기가 수월하여 열성형(Thermoforming)이나 RTM(Resin Transfer Moulding) 및 여러가지 드레이핑(Draping) 재료로 많이 사용되고 있다.

[0004] 이러한 탄소 섬유 강화 복합재료는 적층형 제조 공정으로 인해 두께 방향의 성능이 떨어져 층간 분리 현상 등의 내부 결함이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 섬유와 수지 간의 계면결합력 향상을 위해 플라즈마 처리를 하거나 복합재 내부에 탄소나노 입자 등을 첨가하여 기계적 특성을 강화하는 연구가 많이 진행되고 있다.

[0005] 한편, 최근 발견된 해양홍합의 카테콜 아민(Catechol amine) 구조를 모사한 도파민은 약염기 환경에서 산화중합되고 높은 점착성으로 물질의 강도를 높여주는 것으로 알려져 있다. 구체적으로 홍합 족사는 콜라겐 섬유와 Mefp-1 단백질이 가교(cross-linking)된 구조를 지니는데, 이 단백질의 염기서열을 분석한 결과 카테콜 아민 성분이 많이 존재하여 콜라겐 섬유끼리 강하게 결합하게 된다.

[0006] 이에, 본 발명의 발명자들은 탄소섬유강화플라스틱 복합재에 폴리도파민을 도입하면 탄소섬유와 고분자 수지간의 결합력이 향상되어 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 기계적 물성이 향상되는 것을 알게 되어 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 폴리도파민을 이용한 탄소섬유강화플라스틱 복합재 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 이를 위하여, 본 발명은

[0009] 고분자기지; 및

[0010] 상기 고분자 기지 내로 구비되는 복수의 탄소섬유를 포함하고, 상기 탄소섬유들은 그 표면에 폴리도파민이 코팅된 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)를 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은

[0012] 탄소섬유를 도파민용액에 넣고 교반하여 탄소섬유의 표면을 폴리도파민으로 코팅하는 단계(단계 1); 및

[0013] 상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계(단계 2);

[0014] 를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 탄소섬유의 표면을 접착력이 좋은 폴리도파민으로 코팅하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조함으로써 기계적 물성이 향상된 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조할 수 있다. 구체적으로, 폴리도파민이 탄소섬유와 고분자 기지 사이의 계면결합력을 향상시킴으로써 고강도 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법의 단계 2를 나타낸 도식도이고;
 도 2는 비교예 1의 탄소섬유를 관찰한 주사전자현미경 이미지이고;
 도 3은 본 발명에 따른 실시예 1의 탄소섬유를 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 4는 본 발명에 따른 실시예 2의 탄소섬유를 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 5는 본 발명에 따른 실시예 3의 탄소섬유를 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 6은 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 7은 본 발명에 따른 실시예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 8은 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 9는 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 파단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 10은 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 파단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이고;
 도 11은 본 발명에 따른 실시예 1, 실시예 6, 실시예 7 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 면내전단강도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은
 [0018] 고분자기지; 및
 [0019] 상기 고분자 기지 내로 구비되는 복수의 탄소섬유를 포함하고, 상기 탄소섬유들은 그 표면에 폴리도파민이 코팅된 것을 특징으로 하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)를 제공한다.
 [0020] 이하, 본 발명을 구성요소별로 상세히 설명한다.
 [0021] 본 발명은 고분자 기지 내에 폴리도파민이 코팅된 복수의 탄소섬유를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재에 관한 것이다.
 [0022] 탄소섬유는 비강도, 비탄성, 내열성과 같은 물성이 다른 종류의 섬유에 비해서 월등하게 우수하고, 경량이면서 고강도, 고탄성 복합체를 만들 수 있다. 탄소 섬유는 취급이 용이하고 유연성이 높아 복잡한 형상을 가지는 금형에 적용하기가 수월하여 열성형이나 RTM 및 여러가지 드레이핑 재료로도 많이 사용된다.
 [0023] 그러나, 이와 같은 탄소섬유를 적층하여 제조한 탄소섬유 강화 복합재료는 적층형 제조공정으로 인해 두께 방향의 성능이 떨어져 층간 분리 현상 등의 내부 결함이 발생할 수 있다.
 [0024] 이에, 본 발명에서는 상기 문제점들을 해결하기 위하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제공한다. 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재는 접착성이 우수한 폴리도파민을 탄소섬유 표면에 코팅함으로써 고분자 기지와 탄소 섬유 사이의 계면결합력을 향상시키고, 층간 분리 현상 등의 내부 결함 발생 가능성을 낮추어 기계적 물성

이 향상될 수 있다.

- [0025] 이때, 상기 고분자 기지는 에폭시 수지, 페놀 수지, 비닐에스터 수지, 불포화 폴리에스테르 수지 등의 열경화성 수지와 폴리에스테르 수지, 폴리에틸렌 수지, 폴리이미드 수지, 폴리올레핀 수지, 폴리에테르에테르케톤 수지, 폴리에테르설폰 수지, 폴리염화비닐 수지 등의 열가소성 수지로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것이 바람직하나, 통상적인 탄소섬유 강화 플라스틱에 사용되는 고분자 기지라면 사용가능하며 이에 특별히 한정되는 것은 아니다.
- [0026] 또한, 상기 고분자 기지 내로 구비되는 복수의 탄소섬유는 직물형태로 가공한 것을 사용할 수 있으나, 이후의 단계에서 적층되어 가공될 수 있는 형태라면 이에 특별히 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)에 있어서, 상기 폴리도파민은 탄소 섬유 표면의 10 nm 내지 100 nm의 두께로 코팅되는 것이 바람직하다. 탄소섬유 표면의 코팅된 폴리도파민의 두께는 도파민 용액에 탄소섬유를 침지시켜 교반하는 시간에 따라 달라지며, 코팅 시간을 조절하여 폴리도파민 코팅 두께를 조절할 수 있다. 이때, 상기 코팅된 폴리도파민의 두께가 10 nm 미만인 경우 결합력 증대 효과가 발현되지 못하는 문제점이 있고, 100 nm를 초과하는 경우 고분자 수지가 제대로 침투되지 못하는 문제점이 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은
- [0029] 탄소섬유를 도파민용액에 넣고 교반하여 탄소섬유 표면의 폴리도파민으로 코팅하는 단계(단계 1); 및
- [0030] 상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계(단계 2);
- [0031] 를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법을 제공한다.
- [0032] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.
- [0033] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1은 탄소섬유를 도파민용액에 넣고 교반하여 탄소섬유 표면의 폴리도파민으로 코팅하는 단계이다.
- [0034] 도파민은 카테콜 아민 계열의 유기화합물로 다양한 동물들의 중추신경계에서 발견되는 신경전달물질로서, 흥합의 즉사단백질과 유사한 구조를 가진다. 구체적으로 흥합 즉사는 콜라겐 섬유와 Mefp-1 단백질이 가교(cross-linking)된 구조를 지니는데, 이 단백질의 염기서열을 분석한 결과 카테콜 아민 성분이 많이 존재하여 콜라겐 섬유끼리 강하게 결합하게 된다. 이러한 해양 흥합의 카테콜 아민 구조를 모사한 도파민은 고강도의 접착성을 가진다. 따라서, 탄소섬유를 도파민 용액 내에서 교반시키는 공정만으로 표면에 폴리도파민이 용이하게 형성될 수 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법은 상기 단계 1을 수행하기 전에 탄소섬유 표면을 전처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 적층형 제조공정으로 인해 두께 방향의 성능이 떨어져 층간 분리 현상 등의 내부 결함이 발생할 수 있는 탄소섬유강화플라스틱 복합재에 있어서, 상기 전처리 공정은 탄소섬유와 고분자 기지간의 계면결합력을 향상시키기 위해 수행된다. 상기 전처리 공정의 차이에 따라 폴리도파민이 코팅되는 정도를 조절할 수 있다.
- [0037] 이때, 상기 전처리는 열처리, 알코올처리, 플라즈마 처리 및 오존처리로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법을 통해 수행되는 것이 바람직하나, 탄소섬유와 고분자 기지와의 계면접합력이 향상시키기 위한 전처리 공

정이라면 어느 방법으로도 수행될 수 있고 이에 특별히 한정되는 것은 아니다.

- [0038] 상기 열처리 공정은 약 450 ℃의 온도로 공기 중에서 수행될 수 있고, 상기 알코올 처리는 탄소섬유를 아세톤에 침지시켜 수시간 동안 교반하여 수행될 수 있다. 상기 두 과정은 탄소섬유 표면에 존재하는 사이징 층을 제거하는 효과가 있으며 이를 통해 폴리도파민의 형성에 도움을 줄 수 있다. 또한, 탄소섬유 표면을 상기 플라즈마 처리 공정을 통해 전처리할 수 있고, 오존처리는 탄소섬유의 표면을 수십 분간 오존에 노출시켜 수행할 수 있다. 상기 두 과정은 탄소섬유 표면에 극성 산소관능기를 부가하여 이를 통해 폴리도파민의 형성에 도움을 줄 수 있다.
- [0039] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1의 도파민 용액은 도파민 하이드로클로라이드(Dopamine hydrochloride), 노레피네프린 하이드로클로라이드(Norepinephrine hydrochloride) 및 에피네프린 하이드로클로라이드(Epinephrine hydrochloride)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종을 용매에 녹여 제조되는 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0040] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 용매는 버퍼용액, 에틸렌 글라이콜(Ethylene glycol) 다이메틸 설펍사이드(dimethyl sulfoxide) 및 다이메틸포름아마이드(dimethylformamide)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 상기 버퍼용액을 용매로 사용하는 경우 유기용매에 취약하지만 물에 대한 저항성이 높은 강화 입자를 추가적으로 사용할 수 있는 이점이 있고, 에틸렌 글라이콜, 다이메틸 설펍사이드 및 다이메틸포름아마이드를 사용하는 경우 물에 대한 산화가 취약한 금속 강화 입자에 대해 산화 및 부식 없이 추가적으로 복합재에 도입이 가능한 이점이 있다.
- [0041] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1에서 상기 탄소섬유는 도파민용액에 넣고 10 내지 50 시간 동안 교반되는 것이 바람직하다.
- [0042] 상기 탄소섬유가 도파민용액에서 교반되는 시간에 따라 폴리도파민의 코팅 두께가 조절될 수 있고, 구체적으로 약 24 시간 교반되는 경우 폴리도파민이 약 50 nm의 두께로 코팅될 수 있다. 상기 탄소섬유는 도파민용액에서 10 시간 미만으로 교반되는 경우 코팅층의 두께가 10nm 이하로 얇게 되어 계면 결합력 증대 효과가 미비한 문제점이 있고, 50 시간을 초과하여 교반되는 경우 과도한 코팅에 따른 고분자 수지의 함침이 떨어지는 문제점이 있다.
- [0043] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 2는 상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계이다.
- [0044] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 2의 가공은 진공성형(VARTM, Vacuum assisted resin transfer molding), 압축 성형, 진공백 성형 및 오토클레이브 성형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법을 통해 수행되는 것이 바람직하다.
- [0045] 상기 진공성형(VARTM, Vacuum assisted resin transfer molding)은 진공의 힘을 이용하여 고분자 수지가 주입되면서 금형 내부의 기포를 배출시키며 대기압만큼의 힘으로 진공백 면을 통하여 수직의 압력이 가해져 제품 내부의 기공을 줄여주고 섬유 체적율을 높여줄 수 있는 가공방법이다. 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재는 상기 진공성형(VARTM, Vacuum assisted resin transfer molding)을 통해 가공됨으로써 기공 등이 포함되어 균열이 발생할 가능성을 낮추고, 섬유체적율을 높일 수 있다.
- [0046] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재(CFRP)의 제조방법에 있어서, 상기 단계 2의 고분자 기지는 에폭시 수지, 아미노 수지, 페놀 수지 및 폴리아마이드 수지로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것이 바람직하나, 통상적인 탄소섬유 강화 플라스틱에 사용되는 고분자 기지라면 사용가능하며 이에 특별히 한정되는 것은

아니다.

- [0047] 이하, 본 발명을 실시예를 통해 더욱 상세하게 설명한다. 하기 실시예들은 본 발명을 더욱 상세하게 설명하기 위하여 제시되는 것일 뿐, 본 발명이 하기 실시예들에 의해서 한정되는 것은 아니다.
- [0048] <실시예 1> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 1
- [0049] 단계 1: 탄소섬유의 표면을 폴리도파민으로 코팅하는 단계
- [0050] 밀도가 1.79 g/cm³ 인 TR-30S 탄소섬유로 제조한 120×120 mm² 크기의 직물(면밀도 = 200 g/m³)을 특수 제작한 SS 프레임에 부착시켰다. pH 8.5 완충용액(Trizma™ base, Primary Standard and buffer, Sigma)에 도파민 하이드로클로라이드(Dopamin hydrochloride)를 용해시켜 도파민 용액을 제조하였고, 이에 상기 탄소섬유직물 프레임을 넣고 12 시간 동안 교반시켜 탄소섬유의 표면을 폴리도파민으로 코팅하였다. 이후, 탄소섬유 직물을 프레임으로부터 분리하여 물로 세척한 후 이를 건조하였다.
- [0051] 단계 2: 상기 단계 1에서 코팅된 탄소섬유를 적층하고, 이를 고분자 기지와 함께 가공하여 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하는 단계
- [0052] 상기 단계 1에서 폴리도파민이 코팅된 20 장의 탄소섬유 직물을 적층하고, VARTM 공정으로 에폭시 수지(YD-128, 국도화학)와 경화제(KBH-1089, 국도화학)를 주입한 후, 120 °C의 고온가압기에서 2 시간 동안 경화하여 복합재 시편을 제조하였다.
- [0053] <실시예 2> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 2
- [0054] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 전에 아세톤에 상기 탄소섬유를 넣어 2 시간 동안 교반하여 전처리한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0055] <실시예 3> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 3
- [0056] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 전에 상기 탄소섬유를 오존에 10 분 동안 노출하여 전처리한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0057] <실시예 4> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 4
- [0058] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 전에 상기 탄소섬유를 공기중에서 450°C로 2 시간 동안 열처리하여 전처리한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0059] <실시예 5> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 5
- [0060] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 전에 상기 탄소섬유를 헬륨가스 하에서 5 분간 플라즈마 처리하여 전처리한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다. 이때, 상기 플라즈마는 전극 간격이 10 mm, 전극 폭이 25 mm, 5 kV의 전압, 주파수는 20 kHz인 것을 사용하였다.
- [0061] <실시예 6> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 6

- [0062] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 위한 교반을 24 시간 동안 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0063] <실시예 7> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 7
- [0064] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하기 위한 교반을 72 시간 동안 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0065] <비교예 1> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조 8
- [0066] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리도파민 코팅을 수행하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 제조하였다.
- [0067] <실험예 1> 탄소섬유 표면의 전처리에 따른 효과
- [0068] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 제조방법에 있어서 탄소섬유 표면의 전처리에 따른 효과에 대하여 알아보기 위하여, 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 3 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재에서의 섬유 표면을 주사전자현미경(SEM, JSM-5800, JEOL, Japan)을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 2 내지 도 5에 나타내었다.
- [0069] 도 2 및 도 3에 따르면, 비교예 1의 주사전자현미경 이미지를 통해서 전처리 및 폴리도파민 코팅을 하지 않은 탄소 섬유의 표면을 확인할 수 있고, 또한 실시예 1의 주사전자현미경 이미지를 통해서 전처리하지 않고 폴리도파민 코팅만을 수행한 탄소 섬유의 표면을 확인할 수 있다. 이를 통해, 폴리도파민이 코팅되지 않은 탄소섬유의 경우 매끈한 표면을 가지는 반면, 폴리도파민이 코팅된 섬유의 경우 수십 나노미터 사이즈의 입자가 표면에 부착되어 있는 것을 볼 수 있다.
- [0070] 도 4 및 도 5에 따르면, 전처리를 수행한 실시예 2 및 실시예 3의 탄소섬유의 표면을 확인할 수 있다. 실시예 2의 탄소섬유 표면에 수십 나노미터 사이즈의 입자가 일부 형성된 것을 확인할 수 있고, 실시예 3의 탄소섬유 표면에는 수십 나노미터 사이즈의 입자가 탄소섬유 표면 전체에 뒤덮여 있는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 전처리 공정의 차이에 따라 폴리도파민이 코팅되는 정도를 조절할 수 있음을 알 수 있다.
- [0071] <실험예 2> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 계면결합력
- [0072] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재에서의 계면결합력에 대하여 알아보기 위하여, 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 만능물성시험기(UTM, INSTRON 5882, INSTRON, USA)를 통해 파단을 형성하였고, 파단이 일어난 단면을 주사전자현미경(SEM, JSM-5800, JEOL, Japan)을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 6 내지 도 8에 나타내었다.
- [0073] 도 6 내지 도 8에 따르면, 비교예 1의 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 파단면은 섬유의 층과 층 사이로 진행되는 것을 확인할 수 있고, 실시예 1의 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 파단면은 섬유에서 파단이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해, 본 발명에 따른 실시예 1과 같이 탄소섬유 표면에 폴리도파민이 코팅되는 경우 섬유와 고분자 수지간의 계면 결합력이 향상되는 것을 알 수 있다.
- [0074] <실험예 3> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 계면결합력 2
- [0075] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재에서의 계면결합력에 대하여 알아보기 위하여, 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 만능물성시험기(UTM, INSTRON 5882, INSTRON, USA)를 통해 파단을 형성하였고, 파단이 일어난 단면을 주사전자현미경(SEM, JSM-5800, JEOL, Japan)을 이용하여

관찰하였고, 그 결과를 도 9 내지 도 10에 나타내었다.

[0076] 도 9 및 도 10에서 따르면, 비교예 1은 섬유와 고분자 기지간의 계면결합력이 낮아 탄소섬유와 고분자 기지가 깨끗하게 분리되어 있는 것을 확인할 수 있고, 실시예 1의 경우 섬유파단이 발생하였고, 섬유 표면에 고분자 기지가 부착되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 폴리에폭시 수지를 코팅하는 경우 탄소 섬유와 고분자 기지 간의 계면결합력이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

[0077] <실험예 4> 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 기계적 물성

[0078] 본 발명에 따른 탄소섬유강화플라스틱 복합재의 기계적 물성에 대하여 알아보기 위하여, 본 발명에 따른 실시예 1, 실시예 6, 실시예 7 및 비교예 1에서 제조된 탄소섬유강화플라스틱 복합재를 만능물성시험기(UTM, INSTRON 5882, INSTRON, USA)를 통해 면내전단강도를 측정하였고, 그 결과를 도 11에 나타내었다.

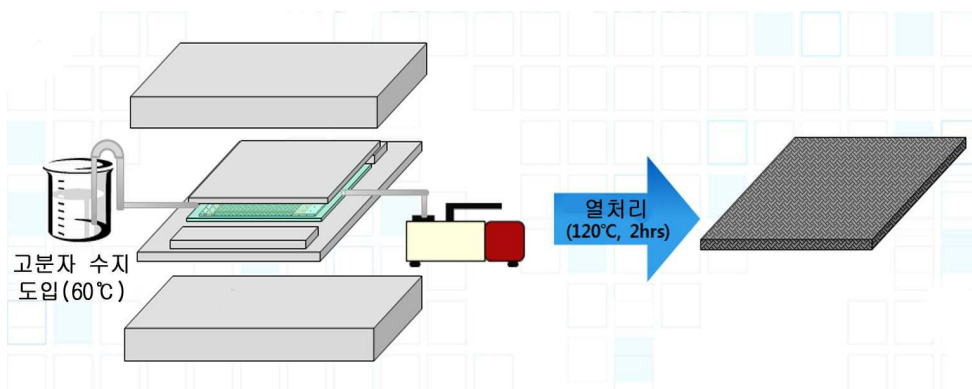
[0079] 상기 면내전단강도 실험은 탄소섬유 층 사이에 코팅된 폴리에폭시 수지에 의한 보강 특성을 판단하기 위한 척도로서, 층간 전단 응력에 의하여 적층복합재료의 경우 수지가 많은 부분에서 파괴가 먼저 된다. 그러나 탄소섬유 층 사이에 폴리에폭시 수지의 나노입자가 강화되면 수지에서 발생한 크랙의 진행이 나노입자에 의해 완화되고 방향이 우회된다. 그러나 탄소섬유 층 사이에 폴리에폭시 수지 나노입자가 강화되면 수지에서 발생한 크랙의 진행이 나노입자에 의해 완화되고 방향이 우회된다.

[0080] 도 11에 따르면, 실시예 1 내지 실시예 3과 같이 폴리에폭시 수지가 코팅된 탄소섬유강화플라스틱 복합재는 코팅을 수행하지 않은 비교예 1의 경우보다 면내전단강도가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 탄소섬유 표면에 폴리에폭시 수지가 코팅됨으로 인해 수지와 섬유간의 계면결합력이 향상되어 면내전단강도가 증가한 것을 알 수 있다.

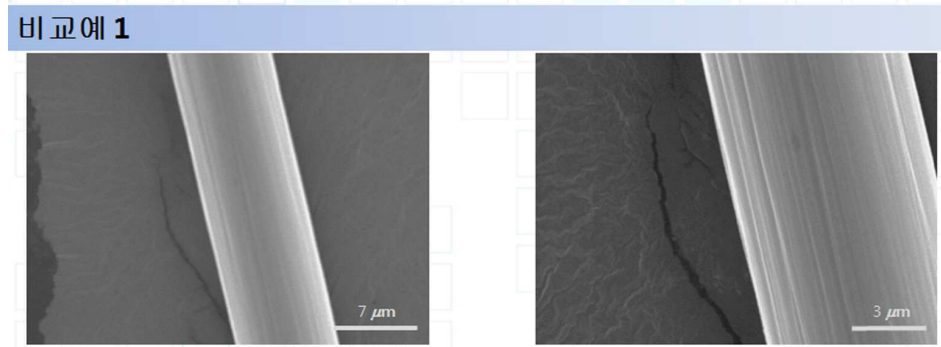
[0081] 또한, 실시예 1 내지 실시예 3을 통해 교반시간이 증가함에 따라 면내전단강도가 증가함을 알 수 있고, 이를 통해, 교반시간이 증가함에 따라 폴리에폭시 수지 코팅 이 제어될 수 있음을 알 수 있다.

도면

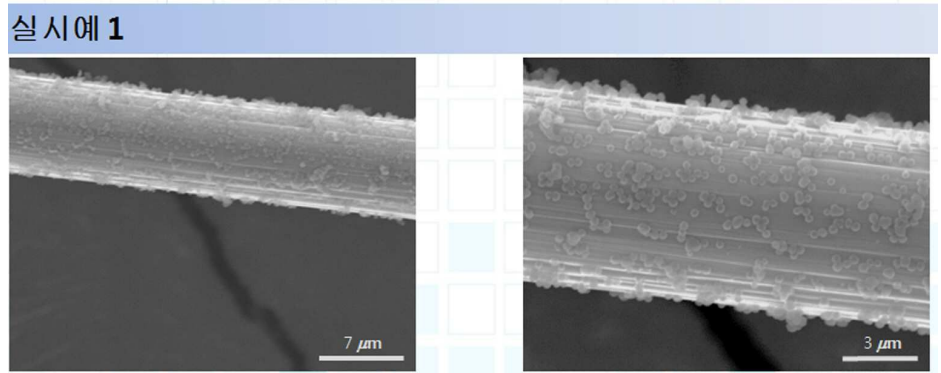
도면1



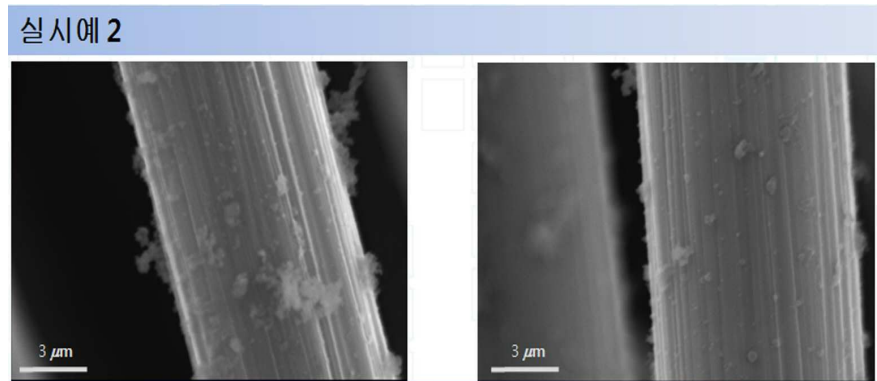
도면2



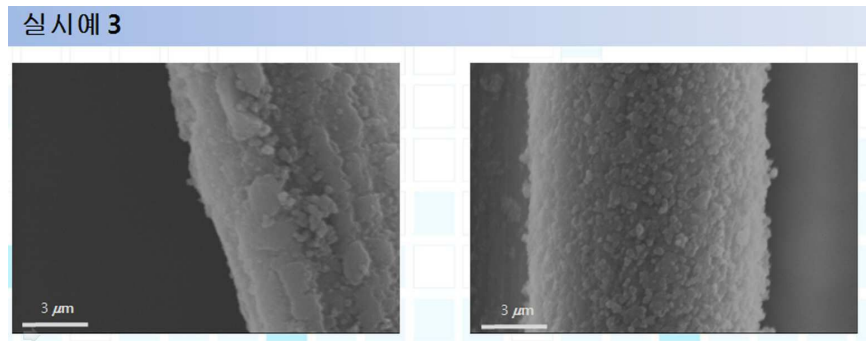
도면3



도면4

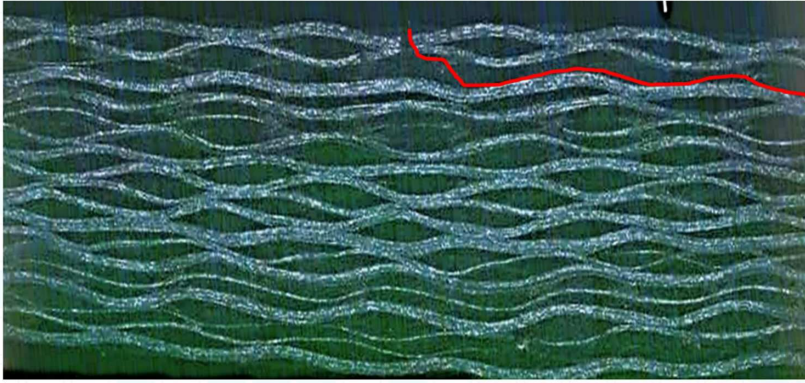


도면5



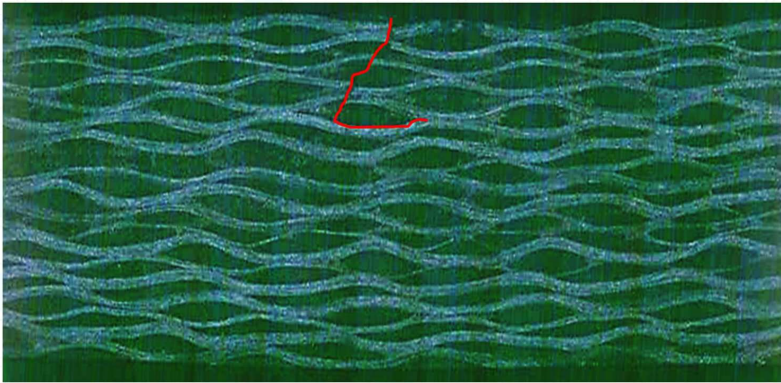
도면6

비교예 1



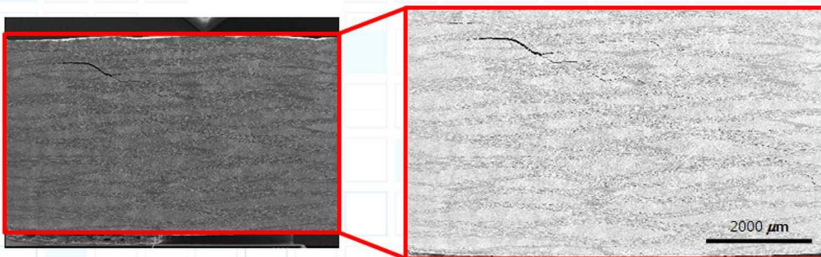
도면7

실시예 1

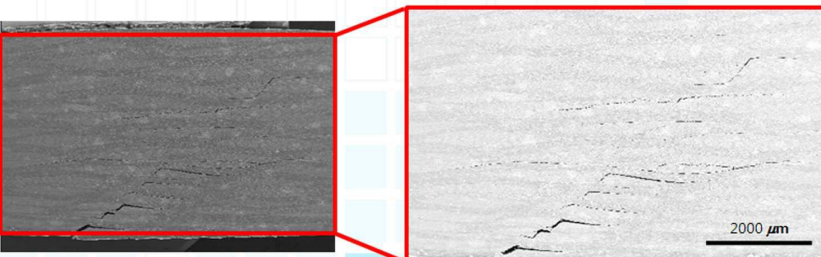


도면8

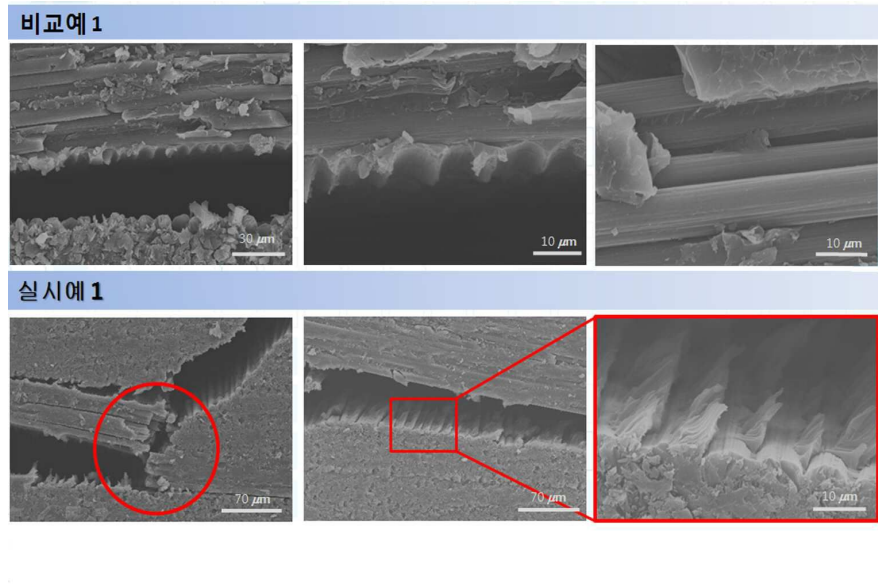
비교예 1



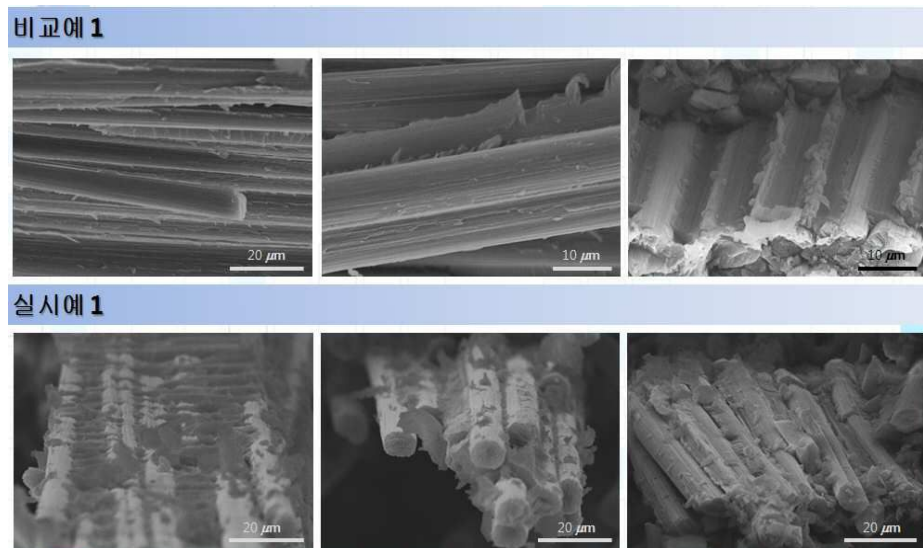
실시예 1



도면9



도면10



도면11

