



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0103493
(43) 공개일자 2022년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 5/06 (2006.01) C08G 59/50 (2006.01)
C08J 5/04 (2006.01) C08K 3/04 (2006.01)
C08L 63/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08J 5/06 (2013.01)
C08G 59/5033 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0006145
(22) 출원일자 2021년01월15일
심사청구일자 2021년01월15일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인화로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박수진
서울특별시 강남구 역삼로 315-1 (역삼동, 개나리SK뷰) 501-2101
김성황
서울특별시 은평구 증산서길 106-14(증산동) 현대빌라 5층 502호
(74) 대리인
이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 6 항

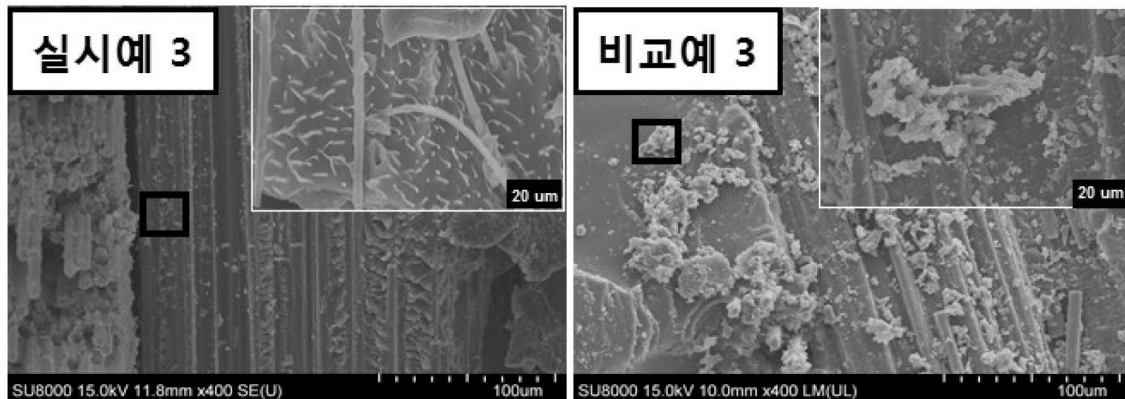
(54) 발명의 명칭 오존 처리된 흑연나노섬유로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 및 이의 제조 방법

(57) 요약

오존 처리된 흑연나노섬유와 에폭시 수지를 아세톤에서 초음파 처리 및 혼합하여 안정된 분산액을 얻고, 유기용매를 제거한 후 경화제와 혼합하여 탄소섬유에 수작업으로 함침 후, 핫 프레스에서 총 3단계로 3시간에서 6시간 경화시켜 계면 및 기계적 강도가 향상된 오존 처리된 흑연나노섬유로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



제공하기 위한 것이다. 보다 상세하게는 (1) 오존발생기를 사용하여 흑연나노섬유를 오존처리 하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리 된 흑연나노섬유를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시 수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane를 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 오존처리된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계; 를 포함하는 오존 처리된 흑연나노섬유로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조한다. 본 발명은 오존 처리된 흑연나노섬유를 도입하여 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 계면 접착력 및 기계적 강도가 향상된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제공한다.

(52) CPC특허분류

C08J 5/042 (2021.05)

C08K 3/046 (2017.05)

C08L 63/00 (2013.01)

C08J 2363/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (1) 건식오존발생기를 사용하여 흑연나노섬유를 오존처리하는 단계;
- (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 흑연나노섬유(ozone-treated graphitic nanofibers: OGFs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시 수지와 혼합하는 단계;
- (3) 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물을 안정화하는 단계;
- (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계;
- (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계;
- (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계; 를 포함하는 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (1) 단계에서는 건식오존발생기를 사용하여 오존가스 유량을 0.1 l/min에서 0.8 l/min, 압력을 0.01 MPa에서 0.08 MPa 조건에서 1시간에서 10시간 동안 흑연나노섬유를 오존처리하고,

상기 (2) 단계에서는 아세톤(C_3H_6O) 150 mL에 1g에서 5g의 오존처리된 흑연나노섬유를 넣은 뒤, 10° C에서 40° C 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파 처리를 진행하여 상기 반응이 끝난 혼합물에 100g의 에폭시 수지를 넣은 뒤 30° C에서 65° C의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 1시간에서 4시간 동안 교반하는, OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (3) 단계에서는 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물에 존재하는 유기용매인 아세톤을 100° C에서 150° C까지의 온도 범위에서 4시간에서 10시간 동안 제거하여 안정화하는, OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 (4) 단계에서는 유기용매가 제거된 오존 처리된 흑연나노섬유와 에폭시 수지의 혼합물에 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane을 에폭시 수지 100중량% 대비 34중량%에서 36중량% 첨가하여 20° C에서 70° C 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시키는, OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (5) 단계에서는 오존처리된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물을 진공 오븐에서 감압 하에 10° C에서 60° C 온도 범위에서 1시간에서 3시간 동안 기포를 제거하여 안정화하는, OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 (6) 단계에서는 기포 제거된 오존처리된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물과 탄소섬유를 금형에 수작업으로 함침시킨 다음 핫 프레스에서 60° C에서 90° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90° C에서 125° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140° C에서 170° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화시키는, OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 오존 처리한 흑연나노섬유(ozone-treated graphitic nanofibers: OGFs)로 강화된 탄소 섬유(carbon fibers: CFs) 강화 에폭시(epoxy) 복합소재 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 계면 접착력 및 기계적 강도가 향상된 OGFs가 도입한 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 분자 내에 epoxy group(C-O-C)을 두 개 이상 가지고 있는 에폭시는 탄소섬유와 경화시켜 단단하며 용해되지 않는 CFRPs(Carbon fibers-reinforced polymer composites) 소재로 제조할 수 있다. 에폭시의 높은 인장탄성률, 접착 특성, 내화학성, 구조적 안정성 등의 특성과 탄소섬유의 고강도, 저 비중 및 부식에 대한 강한 내 화학성 때문에 탄소섬유로 강화된 고분자 복합체의 좋은 대안으로 대두되고 있으며, 우주항공, 선박, 자동차 부품, 해양장비, 전기전자 산업 등에 적용되고 있다. 그러나 탄소 섬유는 구조적 결합과 화학적으로 불활성인 표면 때문에 에폭시 매트릭스 내부에서 낮은 계면 접착력을 나타낸다. 이 문제는 계면 접착력 및 기계적 강도를 저하시키고 다양한 현대 산업 분야에서 제한이 될 수 있다.

[0003] 한편, 최근 이러한 계면 접착력 및 기계적 강도를 향상시키기 위해 다른 고분자나 탄소소재, 나노 사이즈의 입자를 복합하는 등의 방법을 도입한 연구들이 확인되고 있다.

[0004] 다양한 필러소재들 중 탄소소재는 에폭시 기지에 복합되어 계면 접착력 및 기계적 강도를 월등히 향상시킬 수 있다. 다양한 탄소소재 중 흑연나노섬유 (GFs)는 나노 스케일의 우수한 특성을 마이크로 스케일로 전달할 수 있는 기능성을 제공한다. 그러나 GFs는 본질적으로 소수성 물질이며 입자 사이에 van der Waals 힘으로 인해 에폭시 매트릭스 내에서 계면상호작용과 관련하여 GFs가 자체적으로 응집되는 어려움이 있다. 흑연나노섬유의 구조는 Basal plane 및 Prismatic surfaces 구조로 형성되어 있으며, 이 중 Prismatic surfaces는 basal plane보다 활성이 높아 표면처리를 통해 산소함유 관능기를 쉽게 부착할 수 있다.

[0005] 이와 관련하여 다양한 표면 기능화 방법 중에서 건식오존처리는 손상/결함 없이 산화 분위기에서 쉽게 산소 라디칼을 생성할 수 있기 때문에 우수한 표면처리 방법 중 하나이며, 건식오존처리는 에폭시 수지와와의 상호작용을 촉진하기 위해 연구가 수행되었으며 GFs에 -OH, -C=O, -COOH 와 같은 산소 함유 관능기를 도입하여 에폭시 매트릭스 내에서의 계면상호작용 및 접착력을 향상시킨다. 따라서, 건식오존 처리된 흑연나노섬유를 탄소섬유 강화 에폭시 매트릭스에 도입하여 계면 접착력 및 기계적 강도를 향상시키는 필러로써 매우 활발히 연구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 계면 접착력 및 기계적 강도가 향상된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재를 제공하는데 있어서, 흑연나노섬유를 사용하여 계면 접착력 및 기계적 강도가 향상된 오존처리된 흑연나노섬유로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 및 이의 제조 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 계면 접착력 및 기계적 강도가 향상된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재 및 제조 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 유형에 따르는 OGFs로 강화된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조 방법은 (1) 건식오존발생기를 사용하여 흑연나노섬유를 오존처리하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 흑연나노섬유(ozone-treated graphitic nanofibers: OGFs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시 수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4

'-diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계; 를 포함하는 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 상기와 같은 본 발명에 따르면, OGFs를 필터로 사용하여 에폭시 수지에 첨가함으로써, OGFs의 많은 산소함유 관능기가 열경화성 수지로 가공이 용이한 에폭시 수지와 강한 계면 상호작용 및 접착력을 이끌어내어, 계면 특성 및 기계적 강도가 향상된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재가 제조되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 다른 실시예에 따른 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재와 비교예의 표면 에너지 및 향상정도의 비교 그래프이다

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재와 비교예의 층간전단강도(ILSS) 및 향상정도의 비교 그래프이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재와 비교예의 파괴인성 및 향상정도의 비교 그래프이다.

도 4는 본 발명에서 제조한 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 실시예 3 및 비교예 3의 파괴인성 측정 후 파단면의 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0012] 본 발명의 다른 유형에 따르는 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법은 (1) 건식오존발생기를 사용하여 흑연나노섬유를 오존처리하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 흑연나노섬유(ozone-treated graphitic nanofibers: OGFs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시 수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 흑연나노섬유, 에폭시 수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계; 를 포함하는 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조방법을 제공한다.

[0014] 본 발명의 일 측면에 따른 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재는 에폭시 매트릭스에 OGFs가 첨가되어 얻어진다.

[0015] 본 발명의 제조과정을 상세히 살펴보면, 상기 (1) 오존발생기(Ozonizer, Ozone Tech Co, Lab II, Korea)를 오존가스 유량 0.1 l/min에서 0.8 l/min 속도와 압력 0.01에서 0.08 MPa 조건에서 1시간에서 10시간 동안 흑연나노섬유를 개질하였다. 상기 (2) 개질된 OGFs를 유기용매를 이용하여 에폭시 수지와 혼합하였다. 아세톤(C₃H₆O) 150 mL에 1g에서 4g의 OGFs를 넣은 뒤, 10° C에서 50° C의 온도범위에서 1시간 에서 2시간 동안 초음파 처리를 진행한다. 상기 반응이 끝난 혼합물에 100g의 에폭시 수지를 넣은 뒤 30° C에서 65° C의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 1시간에서 4시간 동안 교반한다.

[0016] 상기 제조된 혼합물을 사용하여 상기 (3) 단계의 제조된 혼합물의 안정화하는 단계를 진행하였다. 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물은 유기용매를 100° C에서 150° C의 온도범위에서 4시간에서 10시간 동안 제거하는 것이 바람직하다. 그 다음, 잔류하는 OGFs와 에폭시 수지를 상기 (4) 단계의 경화제를 첨가하여 혼합하는 단계를 진행하였다. 상기 (4) 단계에서 유기용매 제거된 혼합물은 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane을 에폭시 수지 100중량% 대비 34중량%에서 36중량%를 첨가하여 20° C에서 70° C 온도 범위에서 1에서 5시간 동안 반응시킨다. 상기 (5) 단계의 제조된 혼합물을 진공 오븐에서 안정화하는 단계는 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물은 에폭시 수지에 경화제가 첨가되어 화학적 반응으로 인해 기포가 생기며 진공 오븐에서 감압 하에 10° C에서 60° C 온도 범위에서 1시간에서 3시간 동안 기포를 제거하는 것이 바람직하다. 혼합과정에서 발생한 기포는 최종적으로 제조된 에폭시 복합소재 내에 기공(Void)을 형성하여 탄소섬유 강화 복합소재의 계면 접착력 및 기계적 강도를 저하시킬 수 있다. 상기 (6) 단계의 제조된 에폭시 혼합물을 탄소섬유와 함침하여 경화시켜 OGFs으로 강

화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하는 단계로써, 금형에 상기 (5) 단계에서 제조된 혼합물과 탄소섬유를 수작업으로 함침시킨다. 그 다음, 핫 프레스에서 1단계는 60° C에서 90° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 (안정화단계), 2단계는 90° C에서 125° C 온도 범위에서 1에서 2시간(가경화단계), 3단계는 140° C에서 170° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간(경화단계)으로 총 3단계로 3시간에서 6시간 경화시켜 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다. 경화단계를 3단계로 진행하지 않을 경우, Void가 생기며 함침성 및 계면 특성이 저하된다. 또한, 경화온도가 110° C 미만일 경우에는 완전히 경화되지 않으며, 170° C 이상일 경우에는 물성저하를 초래한다.

[0018] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0020] 실시예 1.

[0021] 오존발생기(Ozonizer, Ozone Tech Co, Lab II, Korea)를 사용하여 오존가스 유량 0.1 l/min에서 0.8 l/min 속도와 압력 0.01 MPa에서 0.08 MPa 조건에서 1시간에서 10시간 동안 흑연나노섬유를 개질하였다. 오존처리된 흑연나노섬유 (OGFs)를 유기용매를 이용하여 에폭시 수지와 혼합하였다. 아세톤(C_3H_6O) 150 mL에 1g의 OGFs를 넣은 뒤, 10° C에서 50° C의 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파 처리를 하였다. 반응이 끝난 OGFs 혼합물에 100g의 에폭시 수지를 넣은 뒤 30° C에서 65° C의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 1시간에서 4시간 동안 교반한다. 그 다음, 유기 용매를 100° C에서 150° C의 온도범위에서 4시간에서 10시간 동안 제거하였다. 그 다음, 잔류하는 OGFs와 에폭시 수지에 경화제를 에폭시 수지 100중량% 대비 34중량%에서 36중량% 첨가하여 20° C에서 70° C 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시켰다. 이 후, 진공 오븐에서 감압 하에 10° C에서 60° C 온도 범위에서 1시간에서 3시간 동안 기포를 제거하였다. 그다음 금형에 탄소섬유를 수작업으로 함침 후, 핫 프레스에서 60° C에서 90° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90° C에서 125° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140° C에서 170° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화시켜 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0022] 실시예 2.

[0023] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 OGFs의 함량을 2중량%로 하여 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0024] 실시예 3.

[0025] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 OGFs의 함량을 3중량%로 하여 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0026] 실시예 4.

[0027] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 OGFs의 함량을 4중량%로 하여 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0028] 실시예 5.

[0029] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 OGFs의 함량을 5중량%로 하여 OGFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0030] 비교예 1.

[0031] GFs를 유기용매를 이용하여 에폭시 수지와 혼합하였다. 아세톤(C_3H_6O) 150 mL에 에폭시 수지 1g의 GFs를 넣은 뒤, 10° C에서 50° C의 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파 처리를 하였다. 반응이 끝난 GFs 혼합물에 100g의 에폭시 수지를 넣은 뒤 30° C에서 65° C의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 1시간에서 4시간 동안 교반한다. 그 다음, 유기용매를 100° C에서 150° C의 온도범위에서 4시간에서 10시간 동안 제거하였다. 그 다음, 잔류하는 GFs와 에폭시 수지에 경화제를 에폭시 수지 100중량% 대비 34중량%에서 36중량%를 첨가하여 20° C에서 70° C 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시켰다. 이 후, 진공 오븐에서 감압 하에 45° C에서 65° C 온도 범위에서

서 1시간에서 3시간 동안 기포를 제거하였다. 그다음 금형에 탄소섬유를 수작업으로 함침 후, 핫 프레스에서 60 ° C에서 90° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90° C에서 125° C 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140° C에서 170° C 온도 범위에서 1시간 경화시켜 GFs로 강화된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0032] 비교예 2.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 GFs의 함량을 2중량%로 하여 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0034] 비교예 3.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 GFs의 함량을 3중량%로 하여 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0036] 비교예 4.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 GFs의 함량을 4중량%로 하여 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0038] 비교예 5.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 에폭시 수지 100중량% 대비 GFs의 함량을 5중량%로 하여 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 제조하였다.

[0040] 측정예 1. 본 발명에서 제조한 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 표면 자유 에너지 시험

표면 자유 에너지는 Rame-Hart 고니 오 미터 (Phoenix 300 Plus, SEO Co.)를 사용하여 3가지 표준 습윤액 (증류수, 디요오도 메탄, 에틸렌 글리콜)에 대한 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소 섬유 강화 에폭시 복합소재의 접촉각을 측정하였다.

[0042] 측정예 2. 본 발명에서 제조한 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 ILSS 시험

ILSS 시험은 만능재료시험기(Lloyd LR5k)를 사용하여 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 ASTM D-2344에 따라 시편을 제조한 후 short-beam 3포인트 굽힘시험 방법 측정하였다.

[0044] 측정예 3. 본 발명에서 제조한 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 파괴인성 시험

파괴인성 시험은 만능재료시험기(Lloyd LR5k)를 사용하여 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재를 ASTM E399에 따라 시편을 제조한 후 3포인트 굽힘시험 방법 측정하였다.

[0046] 측정예 4. 본 발명에서 제조한 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 파괴인성 시험 후 파단면 관찰

본 발명에서 scanning electron microscopy (SEM, SU 8010, Hitachi, Ltd., Japan)을 사용하여 제조된 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 구조를 변화시켰는지 관찰하였다.

[0049] 다음은 본 발명에 따른 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재의 제조조건을 표 1에 표시하고, 본 발명에 따른 OGFs 및 GFs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재로 제조된 복합소재의 표면에너지, ILSS, 파괴인성 및 향상정도, 수지값을 표 2에 표시한다.

표 1

샘플명	필러 종류	함량 (중량%)	분산시간 (min)	교반시간 (min)	기포제거 시간 (min)	경화온도 (°C)
실시예 1	OGFs	1	60	120	60	170
실시예 2	OGFs	2	60	120	60	170
실시예 3	OGFs	3	60	120	60	170
실시예 4	OGFs	4	60	120	60	170
실시예 5	OGFs	5	60	120	60	170
비교예 1	GFs	1	60	120	60	170
비교예 2	GFs	2	60	120	60	170
비교예 3	GFs	3	60	120	60	170
비교예 4	GFs	4	60	120	60	170
비교예 5	GFs	5	60	120	60	170

[0050]

표 2

	표면에너지 (mJ.m^{-2})	ILSS (MPa)	파괴인성 ($\text{MPa.m}^{1/2}$)
실시예 1	39.1	26.8 ± 1.2	44.5 ± 3.4
실시예 2	41.8	29.5 ± 1.4	46.7 ± 2.0
실시예 3	43.5	34.2 ± 0.6	56.3 ± 1.9
실시예 4	41.2	30.4 ± 1.0	53.6 ± 4.5
실시예 5	37.7	24.1 ± 0.8	43.8 ± 4.2
비교예 1	37.0	22.8 ± 2.3	37.4 ± 6.3
비교예 2	38.2	24.5 ± 0.7	39.6 ± 6.2
비교예 3	39.7	27.9 ± 0.7	47.2 ± 3.6
비교예 4	37.5	23.7 ± 1.4	44.4 ± 2.4
비교예 5	35.1	14.5 ± 0.9	35.7 ± 3.5

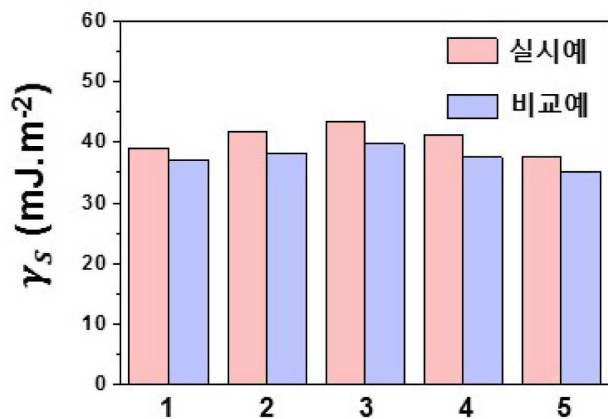
[0051]

[0052]

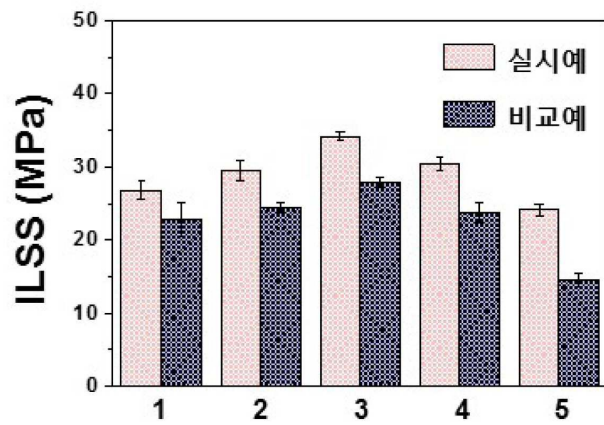
이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

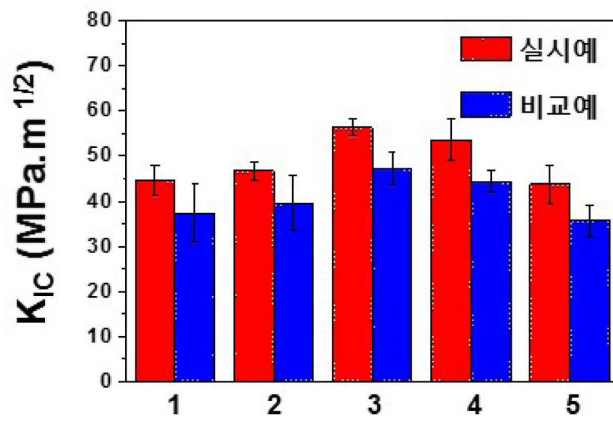
도면1



도면2



도면3



도면4

