



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0046318

(43) 공개일자 2022년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08J 5/10 (2006.01) B29C 43/00 (2018.01)

C08K 3/04 (2006.01) C08K 7/06 (2006.01)

C08L 63/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C08J 5/10 (2013.01)

B29C 43/006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0129591

(22) 출원일자 2020년10월07일

심사청구일자 2020년10월07일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

박수진

서울특별시 강남구 역삼로 315-1 (역삼동, 개나리SK뷰) 501-2101

박상진

충청남도 아산시 남산로 126(온천동, 온양 힐스테이트) 105동 1504호

(74) 대리인

이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 6 항

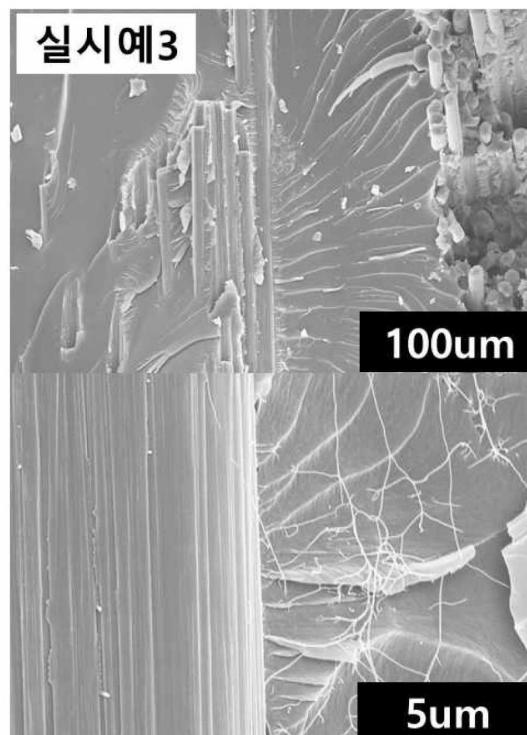
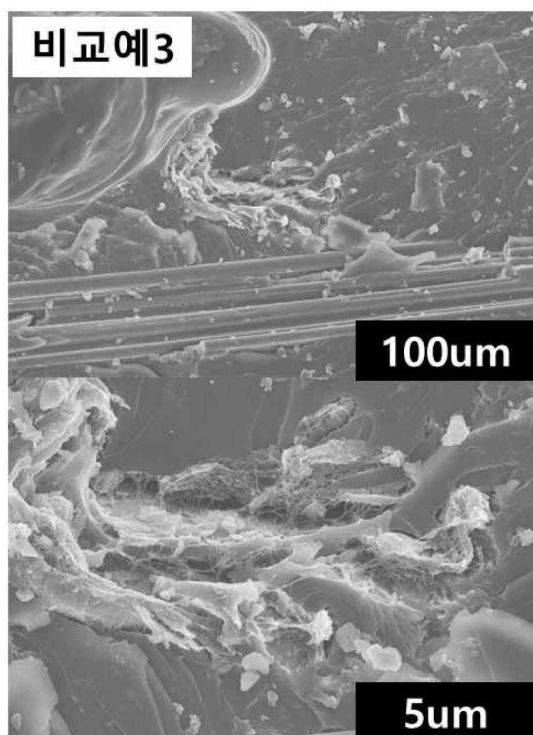
(54) 발명의 명칭 오존 처리한 단일벽 탄소나노튜브가 도입된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재 및 그의 제조방법

(57) 요약

오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브와 에폭시수지를 아세톤에서 초음파 처리 및 혼합하여 안정된 분산액을 얻고, 유기용매를 제거한 후 경화제와 혼합하여 탄소섬유에 수작업으로 함침 후, 핫프레스에서 총 3단계로 3시간에서 6시간 경화시켜 기계적 강도가 향상된 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5



를 제공하기 위한 것이다. 보다 상세하게는 (1) 오존발생기를 사용하여 단일 벽 탄소나노튜브를 오존처리하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브(O-SWCNTs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 혼합된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 안정화된 혼합물에 경화제로서 4,4'-diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일 벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계를 포함하는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법을 제공한다. 본 발명은 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브를 도입하여 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 열적특성 및 기계적강도가 향상된 섬유강화 에폭시복합소재를 제공한다.

(52) CPC특허분류

C08J 5/042 (2021.05)

C08K 3/041 (2017.05)

C08K 7/06 (2013.01)

C08L 63/00 (2013.01)

C08J 2363/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165306
과제번호	RJB19001
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업단지공단
연구사업명	산업집적지경쟁력강화사업
연구과제명	코발트계 환원제를 사용한 고전도성 3kV급 차폐 컴파운드 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)다인스, 인하대학교 산학협력단
연구기간	2019.06.10 ~ 2020.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (1) 오존발생기를 사용하여 단일 벽 탄소나노튜브를 오존처리하는 단계;
- (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브(O-SWCNTs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시 수지와 혼합하는 단계;
- (3) 상기 (2) 단계에서 혼합된 혼합물을 안정화하는 단계;
- (4) 상기 (3) 단계에서 안정화된 혼합물에 경화제로서 4,4' -diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계;
- (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계;
- (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일 벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계를 포함하는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (1) 단계에서, 오존발생기를 사용하여 오존가스 유량을 0.1 L/min에서 0.8 L/min, 압력을 0.01 MPa에서 0.08 MPa 조건에서 1시간에서 6시간 동안 단일 벽 탄소나노튜브를 오존처리하며,

상기 (2) 단계에서, 아세톤(C_3H_6O) 200 mL에 에폭시 수지 100wt.% 대비 1wt.% 내지 5wt.%의 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브를 넣은 뒤, 10℃에서 50℃ 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파처리를 진행하여 상기반응이 끝난 혼합물에 에폭시수지를 넣은 뒤 30℃에서 60℃의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 2시간 동안 교반하는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (3) 단계에서, 상기 (2) 단계에서 혼합된 혼합물에 존재하는 유기용매인 Acetone을 100℃에서 150℃까지의 온도범위에서 4시간에서 8시간 동안 제거하여 안정화하는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (4) 단계에서, 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브와 에폭시 수지에 경화제로서 4,4' -diaminodiphenylmethane를 에폭시 수지 100wt.% 대비 20wt.%에서 24wt.%를 첨가하여 30℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시키는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (5) 단계에서, 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브와 에폭시수지 및 경화제 혼합물을 진공 오븐에서 감압하에 10℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간 동안 기포를 제거하여 안정화하는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 (6) 단계에서, 오존처리한 단일 벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 경화제의 혼합물과 탄소섬유를 금형에 함침시킨 다음 핫프레스에서 60℃에서 90℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90℃에서 125℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140℃에서 170℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화시키는, O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 오존처리한 단일벽 탄소나노튜브 (ozone-treated single-walled carbon nanotubes: O-SWCNTs)가 도입된 탄소섬유(Carbon fibers: CF) 강화 에폭시(epoxy) 복합소재 및 그의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 O-SWCNTs에 의해 기계적 강도가 향상된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] CFRP(carbon fiber-reinforced polymer composites)는 뛰어난 기계적 특성, 저밀도, 높은 강성 및 강도를 나타내며 항공 우주, 해양, 자동차 및 스포츠 용품 산업에 적용할 수 있다. 하지만 CFRP의 성능은 탄소섬유 (carbon fiber)와 에폭시 매트릭스의 계면 특성에 따라 달라진다. 에폭시 수지는 높은 가교 밀도로 인해 분자 구조가 단단하고 취성이 증가하여 외부 충격에 의해 쉽게 부서지는 등 기계적 강도가 저하되어 사용에 많은 제한이 될 수 있다. 따라서, 계면 접착력을 향상시키기 위해 강화된 에폭시 매트릭스를 적용하기 위한 많은 연구가 수행되고 있다.

[0003] 강화된 에폭시 매트릭스를 적용하기 위해 탄소재료 첨가제(filler)를 첨가하여 기계적 강도를 높이고 있다. 특히, 다양한 탄소재료 중 단일 벽 탄소나노튜브(SWCNTs)는 우수한 기계적 강도, 높은 열적특성, 나노미터 크기, 높은 종횡비 및 낮은 밀도를 갖고 있어, 에폭시 매트릭스에 첨가제로 사용할 수 있다. 그러나, SWCNTs는 비 반응성 표면, 소수성 및 반 데르 발스 힘에 의해 응집을 일으켜 우수한 특성을 에폭시 매트릭스에 전달하지 못하게 한다.

[0004] 이와 관련하여 오존처리는 탄소섬유와 에폭시 매트릭스 사이의 계면 접착력을 향상시키기 위해 수행되고 있다. SWCNTs 표면에 오존처리하여 -OH, -C=O, -COOH와 같은 다양한 산소작용기를 도입할 수 있다. 따라서 오존처리된 SWCNTs를 CFRP의 첨가제로 사용하여 기계적 강도를 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 에폭시수지의 취성 문제점을 해결하고, 기계적 강도가 향상된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제공하는 것이며, 또한, 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 및 그의 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기계적 강도가 향상된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 및 그의 제조방법을 제공한다.

[0007] 본 발명의 한 유형에 따르는 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법은 (1) 오존발생기를 사용하여 단일 벽 탄소나노튜브를 오존처리하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브 (O-SWCNTs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 혼합된 혼

합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 안정화된 혼합물에 경화제로서 4,4' -diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일 벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따르면, O-SWCNT를 필러로 사용하여 에폭시수지에 첨가함으로써, O-SWCNTs의 많은 산소관능기가 열경화성 수지중 하나인 에폭시 수지와 상용성이 좋아져 에폭시수지와 강한 계면 접착력을 이끌어내어, 기계적 강도가 향상된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 O-SWCNTs으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재와 비교예의 표면자유에너지의 비교 그래프이다

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 O-SWCNTs으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재와 비교예의 층간전단강도의 비교 그래프이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 O-SWCNTs으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재와 비교예의 파괴인성의 비교 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 O-SWCNTs으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재와 비교예의 임계변형 에너지 방출률의 비교 그래프이다.

도 5는 본 발명에서 제조한 O-SWCNTs으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 실시예 3 및 비교예 3의 파괴인성 측정 후 파단면의 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0011] 본 발명의 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조방법은 (1) 오존발생기를 사용하여 단일 벽 탄소나노튜브를 오존처리하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브(O-SWCNTs)를 유기용매로서 acetone을 이용하여 에폭시수지와 혼합하는 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 혼합된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 안정화된 혼합물에 경화제로서 4,4' -diaminodiphenylmethane을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일 벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 경화제의 혼합물을 탄소섬유에 함침하여 경화하는 단계를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 측면에 따른 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재는 에폭시 매트릭스에 O-SWCNTs가 첨가되어 얻어진다.

[0014] 상기 (1) 단계에서, 단일 벽 탄소나노튜브의 오존처리는 건식산화에 의한 오존발생기(Ozonizer, Ozone Tech Co, Lab II, Korea)를 이용하여 수행하였다. 산소가스로부터 오존을 발생시켜 오존가스 유량 0.1 L/min에서 0.8 L/min 속도와 압력 0.01 MPa에서 0.08 MPa 조건하에서 1시간에서 6시간 동안 SWCNTs를 오존처리를 진행한다.

[0015] 상기 (2) 단계에서, 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 오존처리된 단일 벽 탄소나노튜브를 혼합하였다. 아세톤(C_3H_6O) 200 mL에 에폭시 수지 100중량부 대비 1wt.% 내지 5wt.%의 O-SWCNTs를 넣은 뒤, 10℃에서 50℃의 온도 범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파처리하여 분산을 진행한다. 상기 반응이 끝난 혼합물에 에폭시수지를 넣은 후 30℃에서 60℃의 온도범위에서 2시간 동안 교반한다.

[0016] 상기 (3) 단계에서, 상기 (2) 단계의 제조된 혼합물을 안정화하는 단계를 진행하였다. 상기 (2) 단계에서 제조된 유기용매를 100℃에서 150℃의 온도범위에서 4시간에서 8시간 동안 제거를 진행하였다.

[0017] 상기 (4) 단계에서, 잔류하는 O-SWCNTs와 에폭시수지에 경화제를 첨가하여 혼합하는 단계를 진행하였다. 상기 (3) 단계에서 유기용매가 제거된 O-SWCNTs 와 에폭시수지에 경화제로서 4,4' -diaminodiphenylmethane를 에폭시 수지 100wt.% 대비 12wt.%에서 14wt.%를 첨가하여 20℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 교반

하여 반응시킨다.

[0018] 상기 (5) 단계에서, 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계를 진행하였다. 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물은 에폭시수지에 경화제가 첨가되어 화학적 반응에 인한 기포가 생기며, 진공 오븐에서 감압하여 40℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간동안 기포를 제거하였다. 혼합과정에서 발생한 기포는 오존처리 된 탄소나노튜브 강화 에폭시복합소재 내에 기공을 형성하여 기계적 강도를 저하시킬 수 있다.

[0019] 상기 (6) 단계에서, 제조된 혼합물을 이용하여 탄소섬유에 함침하여 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하는 단계를 진행하였다. 금형에 상기 (5) 단계에서 제조된 혼합물과 탄소섬유를 수작업으로 함침시킨다. 그 다음, 핫 프레스에서 60℃에서 90℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90℃에서 125℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140℃에서 170℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간으로 경화시켜 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다. 경화온도가 110℃ 미만일 경우에는 완전히 경화되지 않으며, 170℃ 이상일 경우에는 물성저하를 초래한다.

[0021] 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.

[0023] 실시예 1.

[0024] 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 6시간 동안 SWCNTs를 오존처리하여 오존처리된 SWCNTs(O-SWCNTs)를 제조하였다. 아세톤(C_3H_6O) 200 mL에 1 g의 O-SWCNTs를 넣은 뒤, 10℃에서 50℃의 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파처리를 하였다. 반응이 끝난 O-SWCNTs 혼합물에 에폭시수지 100g을 넣은 뒤 30℃에서 60℃의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 2시간 동안 교반한다. 그 다음, 유기용매를 100℃에서 150℃의 온도 범위에서 4시간에서 8시간 동안 제거하였다. 그 다음, 잔류하는 O-SWCNTs와 에폭시수지에 경화제를 에폭시 수지 100wt.% 대비 20wt.% 내지 24wt.%를 첨가하여 20℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시켰다. 이 후, 진공오븐에서 감압하에 40℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간 동안 기포를 제거하였다. 그 다음 금형에 탄소섬유를 수작업으로 함침 후, 핫프레스에서 60℃에서 90℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90℃에서 125℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140℃에서 170℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화시켜 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

[0026] 실시예 2.

[0027] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, O-SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 2wt.%로 하여 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

[0029] 실시예 3.

[0030] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, O-SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 3wt.%로 하여 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

[0032] 실시예 4.

[0033] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, O-SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 4wt.%로 하여 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

[0035] 실시예 5.

[0036] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, O-SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 5wt.%로 하여 O-

SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

비교예 1.

아세톤(C_3H_6O) 200 mL에 1 g의 SWCNTs를 넣은 뒤, 10℃에서 50℃의 온도범위에서 1시간에서 2시간 동안 초음파 처리를 하였다. 반응이 끝난 SWCNTs 혼합물에 에폭시수지 100g을 넣은 뒤 30℃에서 60℃의 온도범위에서 가열하여 유지시키고 2시간 동안 교반한다. 그 다음, 유기 용매를 100℃에서 150℃의 온도범위에서 4시간에서 8시간 동안 제거하였다. 그 다음, 잔류하는 SWCNTs와 에폭시수지에 경화제를 에폭시 수지 100wt.% 대비 20wt.% 내지 24wt.%를 첨가하여 20℃에서 70℃ 온도 범위에서 1시간에서 5시간 동안 반응시켰다. 이후, 진공오븐에서 감압하에 40℃에서 70℃ 온도범위에서 1시간동안 기포를 제거하였다. 그 다음 금형에 탄소섬유를 수작업으로 함침 후, 핫 프레스에서 60℃에서 90℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 90℃에서 125℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화, 이어서 140℃에서 170℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간 경화시켜 SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

비교예 2.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 2wt.%로 하여 SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

비교예 3.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 3wt.%로 하여 SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

비교예 4.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 4wt.%로 하여 SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

비교예 5.

상기 비교예 1과 동일하게 과정을 실시하되, SWCNTs의 에폭시 수지 100wt.% 대비 함량을 5wt.%로 하여 SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 제조하였다.

측정예 1. 본 발명에서 제조한 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 표면자유에너지 시험

표면자유에너지는 Rame-Hart 고니오 미터 (Phoenix 300 Plus, SEO Co.)를 사용하여 3가지 표준습윤액 (증류수, 디요오도 메탄, 에틸렌 글리콜)을 Sessile drop법에 의해 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 접촉각을 측정하였다.

측정예 2. 본 발명에서 제조한 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 층간전단강도 시험

층간전단강도 시험은 만능재료시험기(UTM, Lloyd LR5k)를 사용하여 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재를 ASTM D-2344에 따라 시편을 제조한 후 short-beam 3포인트 굽힘 시험 방법 측정하였다.

측정예 3. 본 발명에서 제조한 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 파괴인성 시험

파괴인성시험은 만능재료시험기(UTM, Lloyd LR5k)를 사용하여 0-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재

를 ASTM E399에 따라 시편을 제조한 후 3포인트 굽힘 시험 방법 측정하였다.

[0062] **측정예 4. 본 발명에서 제조한 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 임계 변형 에너지 방출률 시험**

[0063] 임계 변형 에너지 방출률은 만능재료시험기(UTM, Lloyd LR5k)를 사용하여 계산된 파괴인성값으로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 임계변형 에너지 방출률을 측정하였다.

[0065] **측정예 4. 본 발명에서 제조한 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재 파괴인성 시험 후 파단면 관찰**

[0066] 본 발명에서 scanning electron microscopy (SEM, SU 8010, Hitachi, Ltd., Japan)을 사용하여 제조된 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 구조를 변화시켰는지 관찰하였다.

[0068] 다음은 본 발명에 따른 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시복합소재의 제조조건을 표 1에 나타내고, 본 발명에 따른 O-SWCNTs로 강화된 탄소섬유 강화 에폭시 복합소재로 제조된 복합재료의 표면자유에너지, 층간전단강도, 파괴인성 및 임계변형 에너지 방출률의 수치값을 표 2에 나타낸다.

표 1

샘플명	필러 종류	함량 (중량%)	분산시간 (min)	교반시간 (min)	기포제거 시간 (min)	경화온도 (°C)
실시예 1	O-SWCNT s	1	70	120	60	170
실시예 2	O-SWCNT s	2	70	120	60	170
실시예 3	O-SWCNT s	3	70	120	60	170
실시예 4	O-SWCNT s	4	70	120	60	170
실시예 5	O-SWCNT s	5	70	120	60	170
비교예 1	SWCNTs	1	70	120	60	170
비교예 2	SWCNTs	2	70	120	60	170
비교예 3	SWCNTs	3	70	120	60	170
비교예 4	SWCNTs	4	70	120	60	170
비교예 5	SWCNTs	5	70	120	60	170

[0069]

표 2

	표면자유 에너지 (mJ.m ⁻²)	충간전단강도 (MPa)	파괴인성 (MPa.m ^{1/2})	임계 변형 에너지 방출률 (kJ.m ⁻²)
실시예 1	39.12	37.59	61.08	0.51
실시예 2	41.06	38.70	64.44	0.52
실시예 3	44.62	45.10	73.20	0.64
실시예 4	42.81	36.36	61.20	0.52
실시예 5	40.47	35.22	57.32	0.51
비교예 1	38.01	34.05	54.44	0.47
비교예 2	39.55	35.97	58.14	0.48
비교예 3	41.99	38.94	61.20	0.52
비교예 4	40.97	32.24	51.93	0.47
비교예 5	39.58	31.85	48.53	0.46

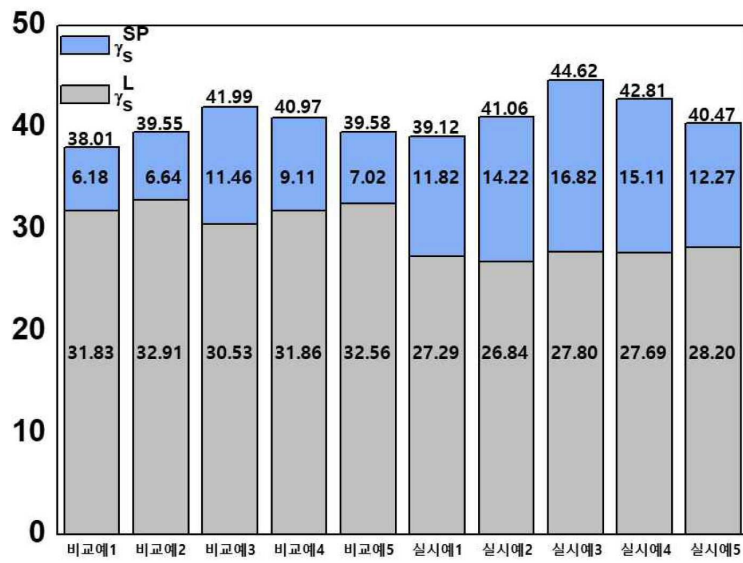
[0070]

[0071]

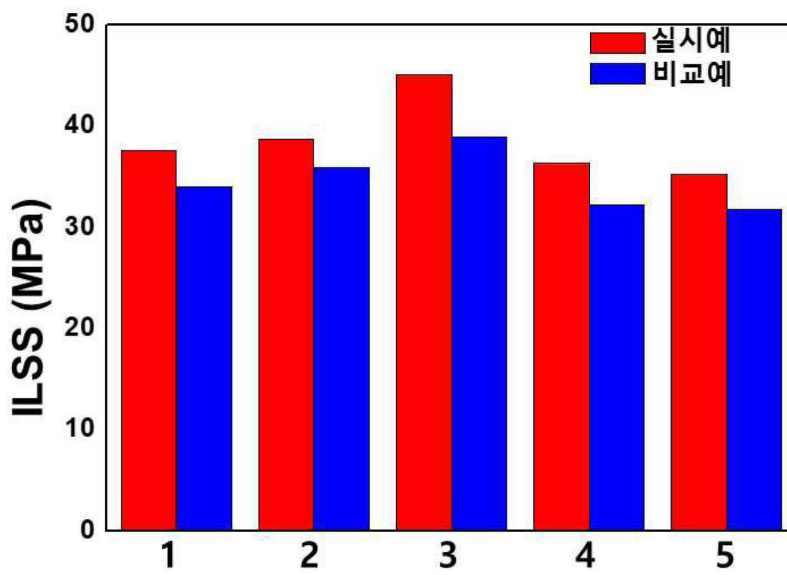
이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

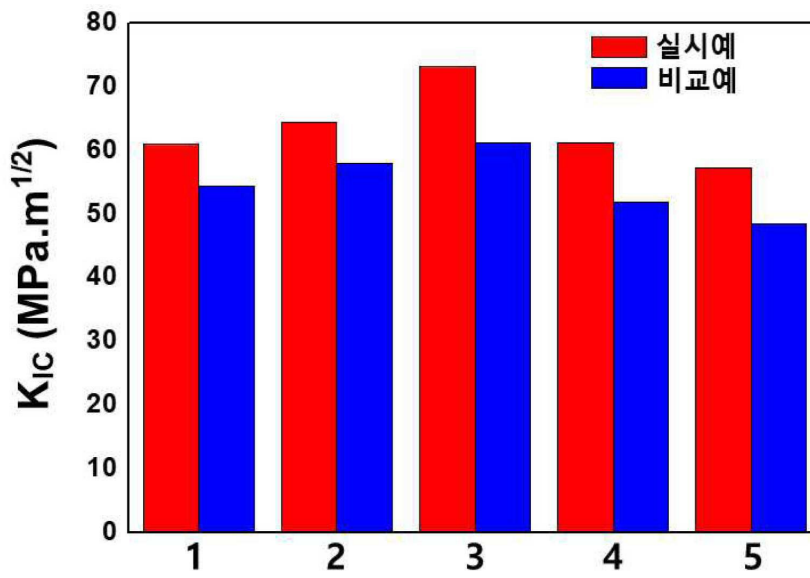
도면1



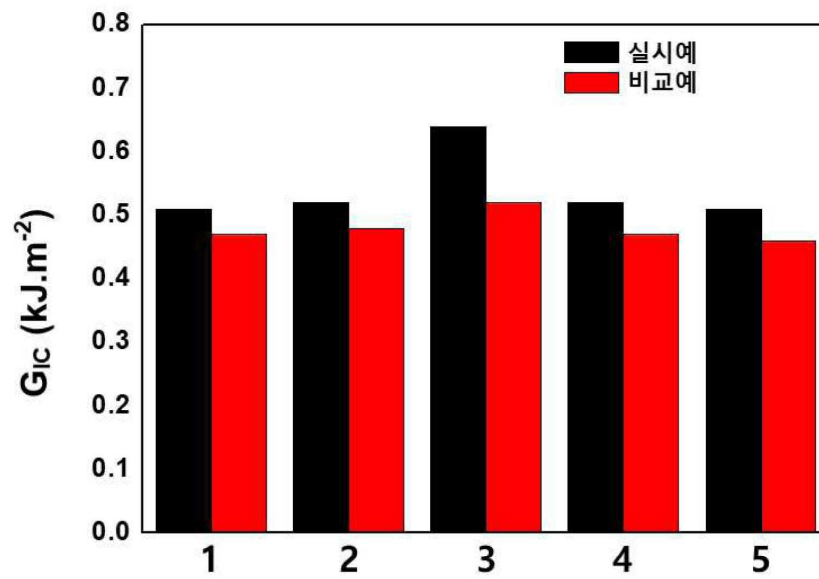
도면2



도면3



도면4



도면5

