



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0052114
(43) 공개일자 2017년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 11/44 (2006.01) B05D 1/18 (2006.01)
B05D 3/00 (2006.01) B05D 7/02 (2006.01)
B05D 7/24 (2006.01) D06B 1/00 (2006.01)
D06B 15/00 (2006.01) D06B 3/04 (2006.01)
D06B 3/10 (2006.01) D06C 7/00 (2006.01)
D06M 101/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
D06M 11/44 (2013.01)
B05D 1/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0154151
(22) 출원일자 2015년11월03일
심사청구일자 2015년11월03일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박형욱
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

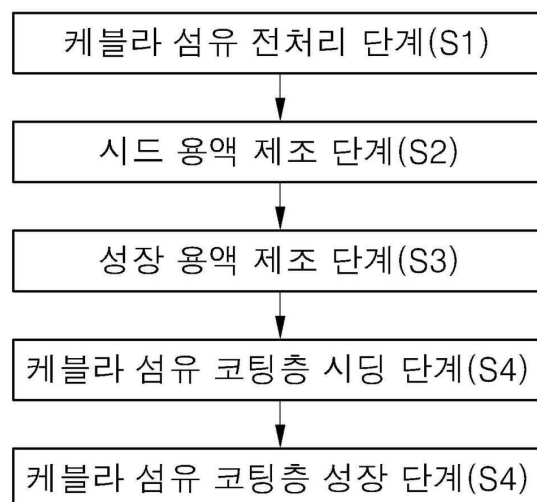
(54) 발명의 명칭 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법

(57) 요약

본 발명은 케블라 섬유 표면에 별도의 코팅층을 형성하여 우수한 방탄 특성을 갖는 케블라 섬유를 제조하기 위한 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법에 있어서, 준비된 케블라 섬유의 표면을 처리하는 케블라 섬유 전처리 단계; 케블라 섬유 표면에 코팅층 시드 형성을 위한 시드 용액 제조 단계; 시딩된 케블라 섬유 표면에 코팅층을 성장 시키기 위한 성장 용액 제조 단계; 전처리된 케블라 섬유를 시드 용액에 침지시켜, 섬유 표면에 코팅층 시드를 형성하는 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계; 및 코팅층이 시딩된 케블라 섬유를 성장 용액에 침지시켜 코팅층을 성장시키는 케블라 섬유 코팅층 성장 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B05D 3/002 (2013.01)
B05D 7/02 (2013.01)
B05D 7/24 (2013.01)
D06B 1/00 (2013.01)
D06B 15/00 (2013.01)
D06B 3/04 (2013.01)
D06B 3/10 (2013.01)
D06C 7/00 (2013.01)
D06M 2101/34 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711025201
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원
연구과제명	전자빔 기반 하이브리드 디버링 공정 기술 및 멀티피직스 모델 연구
기 여 율	1/1
주관기관	울산과학기술대학교
연구기간	2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법에 있어서,

준비된 케블라 섬유의 표면을 처리하는 케블라 섬유 전처리 단계;

케블라 섬유 표면에 코팅층 시드 형성을 위한 시드 용액 제조 단계;

시딩된 케블라 섬유 표면에 코팅층을 성장 시키기 위한 성장 용액 제조 단계;

전처리된 케블라 섬유를 시드 용액에 침지시켜, 섬유 표면에 코팅층 시드를 형성하는 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계; 및

코팅층이 시딩된 케블라 섬유를 성장 용액에 침지시켜 코팅층을 성장시키는 케블라 섬유 코팅층 성장 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 코팅층의 재질은 ZnO인 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 케블라 섬유 전처리 단계는 케블라 섬유를 아세톤-에타올 수용액을 통하여 표면을 세척한 후 건조하고,

건조된 케블라 섬유를 10%NaOH 수용액에 침지시킨 후 탈염수를 이용하여 세척한 하고, 이후 건조하고,

HCl 용액에 침지시킨 후, 물로 세척하고 건조하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 시드 용액 제조 단계는 아연 아세테이트 이수화물, NaOH 및 에탄올을 이용하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 성장 용액 제조 단계는 아연 니트레이트 헥사하이드레이트 용액, HMTA 용액 및 증류수를 이용하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계는 전처리된 케블라 섬유를 시드 용액에 침지시킨 후 건조하는 단계를 2회 내지 8회 수행하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 케블라 섬유 코팅층 성장 단계는 시딩된 케블라 섬유를 성장 용액에 침지시킨 후, 전

체를 밀봉하여 4시간 내지 10시간 동안 80 내지 90℃로 가열하는 것을 특징으로 하는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 산화아연을 케블라 섬유에 코팅하여 방탄 특성을 향상시키는 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 케블라 섬유는 미국 듀폰사가 개발한 방향족 폴리아마이드 섬유로 강도, 탄성, 진동흡수력이 뛰어나고, 또한 열에 의한 수축률이 적으면서, 전기절연성과 내화성 성질을 가지고 있어, 다양한 산업적 용도로 적용되고 있다.

[0003] 예를 들면, 등록실용 제411900호에는 여러 가닥의 가느다란 전열선의 주위에 절연재를 피복하여 된 히터선에 있어서, 히터선의 중심부에 폴리아미드이미드, 또는 폴리아미드 수지의 섬유로 된 케블라(KEVLAR)가 자리 잡고 케블라의 주위에 여러 가닥의 가느다란 전열선을 배치하여 전열선의 외부를 절연재로 피복하여 구성한 자동차 시트용 케블라 전열선이 개시되어 있다.

[0004] 또한, 공개특허 제2014-0141254호에는 초전도 회전기의 요크와 보빈을 케블라 케이블로 연결하되, 케블라 케이블을 고정블럭을 이용하여 요크 및 보빈에 고정하도록 구성한 것을 특징으로 하는 도 회전기의 케블라 케이블 고정장치의 구성이 개시되어 있다.

[0005] 또한, 공개특허 제2000-0043848호에는 보강할 콘크리트 구조물의 하면에 수중 접착 경화용 프라이머재를 도포하고 케블라 시트를 접착하는 단계와, 케블라 시트 외부면에 함침재로서 수중 접착 경화제용 프라이머재를 재차 도포하여 함침시키는 단계와, 수중 접착 경화용 프라이머제가 도포된 케블라 시트 외부 면에 규사를 도포하는 단계와, 케블라 시트의 양단부를 정착구를 사용하여 콘크리트 구조물의 양단에 고정하는 단계를 포함하는 케블라 시트를 이용한 콘크리트 구조물 처짐 보강 방법이 개시되어 있다.

[0006] 또한, 등록특허 제336439호에는 낚시대 원재료로 되는 카본 원단의 내측면이나 외측면 또는 카본 원단의 사이에 얇은 부직포 형태로 되는 케블라 원단을 밀착하여 카본 원단과 일체로 가열성형하여 제조되는 낚시대의 제조 방법이 개시되어 있다.

[0007] 또한, 등록특허 제890353호에는 기존의 방탄복 소재인 케블라(Kevlar) 또는 트와론(Twaron) 직물 조직인 1울(Plain) 또는 2울(Basket)의 1중 조직을 변형하여 기존 조직에 비해 유연한 2/1(2up 1down) Twill조직이나 2/2(2up 2down) Twill조직 또는 3/1(3up 1down) Twill을 기본으로 하는 능직구조로 하되, 각각의 1중직물의 방향을 같은 방향으로 하는 다중직 직물로 구성하는 것을 특징으로 하는 방탄복용 직물이 개시되어 있다.

[0008] 상기한 바와 같이, 케블라 섬유의 내열 특성, 높은 강도 특성을 이용하여 다양한 용도에 적용되고 있다.

[0009] 한편, 상기 발명들은 케블라 섬유를 일부 부재로 적용하거나 또는 다른 원사들과 조합하여 요구하는 특성을 구현하는 것들이 대부분이다.

[0010] 이때, 케블라 섬유 자체에 별도의 코팅층을 형성 하는 경우, 기본적인 케블라 섬유의 강도를 유지하면서, 코팅층에 의한 추가의 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기와 같은 필요에 의하여 안출된 것으로, 케블라 섬유 표면에 별도의 코팅층을 형성하여 우수한 방탄 특성을 갖는 케블라 섬유를 제조하기 위한 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법에 있어서, 준비된 케블라 섬

유의 표면을 처리하는 케블라 섬유 전처리 단계; 케블라 섬유 표면에 코팅층 시드 형성을 위한 시드 용액 제조 단계; 시딩된 케블라 섬유 표면에 코팅층을 성장 시키기 위한 성장 용액 제조 단계; 전처리된 케블라 섬유를 시드 용액에 침지시켜, 섬유 표면에 코팅층 시드를 형성하는 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계; 및 코팅층이 시딩된 케블라 섬유를 성장 용액에 침지시켜 코팅층을 성장시키는 케블라 섬유 코팅층 성장 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 코팅층의 재질은 ZnO인 것을 특징으로 한다.

[0014] 바람직하게는, 상기 케블라 섬유 전처리 단계는 케블라 섬유를 아세톤-에타올 수용액을 통하여 표면을 세척한 후 건조하고, 건조된 케블라 섬유를 10%NaOH 수용액에 침지시킨 후 탈염수를 이용하여 세척한 하고, 이후 건조하고, HCl 용액에 침지시킨 후, 물로 세척하고 건조하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 더욱 바람직하게는, 상기 시드 용액 제조 단계는 아연 아세테이트 이수화물, NaOH 및 에탄올을 이용하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 더욱 바람직하게는, 상기 성장 용액 제조 단계는 아연 니트레이트 헥사하이드레이트 용액, HMTA 용액 및 증류수를 이용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법은 비교적 저가의 재료를 이용하고, 단순한 공정에 의하여 케블라 섬유 표면에 산화아연층을 형성하는 방법을 제공하는 효과가 있으며, 또한 본 발명에 따른 방법으로 제조된 케블라 섬유는 코팅층이 형성되지 않은 통상의 케블라 섬유에 비하여 우수한 방탄 특성을 나타내는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법의 절차도이며,
 도 2는 실시예를 통하여 코팅층의 형성 유무를 나타내는 표이며,
 도 3은 실시예에 의하여 형성된 코팅층의 무게비율을 나타내는 표이며,
 도 4는 실시예에 의하여 형성된 코팅층의 파괴비율을 나타내는 표이며,
 도 5는 실시예와 비교예의 에너지 흡수율을 나타내는 그래프이며,
 도 6은 실시예와 비교예의 속도 변화를 나타내는 그래프이며,
 도 7은 실시예와 비교예의 인장강도를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0020] 본 발명에 따른 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법은 도 1에 도시된 바와 같이, 케블라 섬유 전처리 단계(S1), 시드 용액 제조 단계(S2), 성장 용액 제조 단계(S3), 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계(S4) 및 케블라 섬유 코팅층 성장 단계(S5)를 포함하여 구성된다.

[0022] 이하 각 단계에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0024] 케블라 섬유 전처리 단계(S1)

[0025] 케블라 섬유 전처리 단계는 케블라 섬유 표면에 ZnO코팅층이 형성될 수 있도록 표면을 처리하는 단계이다.

[0026] 먼저 케블라 섬유를 준비한 후, 아세톤-에타올 수용액을 통하여 표면을 세척하고, 세척된 케블라 섬유를 80 내지 100℃에서 15 내지 25분간 건조를 수행한다.

[0027] 그리고 상기 케블라 섬유를 상온 환경에서 10%NaOH 수용액에 20 내지 40분 침지시킨 후, 탈염수를 이용하여 2

내지 4회 세척한 후, 80 내지 100℃에서 50분 내지 70분 건조를 수행한다.

[0028] 이후, HCl(10N) 용액에 8 내지 12초간 침지시킨 후, 물로 세척하고 80 내지 100℃에서 50분 내지 70분 건조 건조를 수행한다. 여기서 HCl 용액은 케블라 섬유 표면의 과도한 금속 이온을 제거하여 성장 용액의 오염을 방지하는 효과를 제공한다.

[0030] 시드 용액 제조 단계(S2)

[0031] 시드 용액 준비 단계(S2)는 전처리된 케블라 섬유 표면에 ZnO 시드(seed)가 형성될 수 있는 시드 용액을 준비하는 단계이다.

[0032] 먼저 아연 아세테이트 이수화물(Zinc acetate dihydrate)을 에탄올에 용해시켜 용액을 제조한다. 이때 아연 아세테이트 이수화물과 에탄올의 비율은 에탄올 400ml에 대하여 아연 아세테이트 이수화물 0.20 내지 0.24g을 혼합하며, 에탄올의 온도는 60 내지 70℃하에서 20 내지 40분간 교반한다.

[0033] 또한 2mM NaOH를 80ml의 에탄올에 혼합한 후, 역시 60 내지 70℃하에서 10 내지 15분간 교반하여 용액을 제조한다.

[0034] 이후 두 용액을 혼합하고, 추가하여 320ml의 에탄올을 혼합한 후, 20 내지 40분간 교반한 후, 전체 시드 용액 제조(800ml 기준)를 완료한다.

[0035] 상기 시드 용액은 상온 하에서 pH 5-6을 유지하도록 한다.

[0037] 성장 용액 제조 단계(S3)

[0038] 성장 용액은 시딩 단계가 완료된 케블라 섬유에 코팅층의 성장하기 위한 용액을 제조하는 단계이다.

[0039] 상기 성장 용액은 아연 니트레이트 헥사하이드레이트(zinc nitrate hexahydrate) 용액과 HMTA(zinc nitrate hexahydrate) 용액을 등물로 혼합한 용액이다.

[0040] 먼저 20 내지 60mM HMTA용액을 630ml의 증류수에 혼합하여 10 내지 20분간 교반한 후, 등물의 아연 니트레이트 헥사하이드레이트 용액을 추가로 혼합하여 성장 용액을 제조한다. 이때 상기 성장 용액은 30℃ 하에서 pH 6-8로 유지한다. 이때 시드 용액 800ml에 대하여 성장 용액은 630ml 비율로 준비하는 것이 바람직하다.)

[0042] 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계(S4)

[0043] 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계는 전처리된 케블라 섬유를 시드 용액에 침지시켜 섬유 표면에 ZnO 시드층을 생성하는 단계이다.

[0044] 먼저 전처리된 케블라 섬유를 상기 시드 용액에 8 내지 12분간 침지시킨 후, 8 내지 12분간 140 내지 160℃로 열처리를 수행한다. 상기 열처리는 용액을 제거하고, 시드층의 점착력을 높이기 위한 것으로, 필요한 경우 수회 실시하며, 회수는 2 내지 8회가 바람직하다.

[0046] 케블라 섬유 코팅층 성장 단계(S5)

[0047] 케블라 섬유 코팅층 성장 단계(S5)는 상기 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계(S4)를 통하여 섬유 표면에 ZnO 시드가 형성된 후, ZnO 나노로드를 성장시키는 단계이다.

[0048] 이때 시딩된 케블라 섬유를 상기 성장 용액에 침지시킨 후, 전체를 밀봉하여 80 내지 90℃ 환경하에서 수시간 가열한다.

[0049] 여기서 가열 시간은 4시간 내지 10시간이 바람직하다.

[0050] 가열 이후에는 케블라 섬유를 증류수를 이용하여 세척하여 전체 코팅 제조를 완료한다.

[0052] **실시예**

- [0053] WKF(woven Kevlar fiber, A200grade, JMC Co. Ltd 제조)를 75×75mm를 준비한 후, 아세톤-에타올 수용액을 통하여 표면을 세척하고, 세척된 케블라 섬유를 90℃에서 20분간 건조를 수행하였다.
- [0054] 그리고 상기 WKF를 상온 환경에서 10%NaOH 수용액에 30분 침지시킨 후, 탈염수를 이용하여 3회 세척한 후, 90℃에서 1시간 건조를 수행하였다.
- [0055] 이후, HCl(10N) 용액에 10초간 침지시킨 후, 물로 세척하고 90℃에서 1시간 건조를 수행하였다.
- [0056] 그리고 아연 아세테이트 이수화물 0.22g에 400ml의 에타올을 혼합하여 65℃하에서 10분간 교반하여 용액을 제조하고, 또한 2mM NaOH를 80ml의 에타올에 혼합한 후, 역시 65℃하에서 10분간 교반하여 용액을 제조하였다.
- [0057] 이후 두 용액을 혼합하고, 추가하여 320ml의 에타올을 혼합한 후, 30분간 교반한 후, 전체 시드 용액 제조하였다.
- [0058] 그리고 20, 40, 60 및 80mM HMTA용액을 각각 630ml의 증류수에 혼합하여 10분간 교반한 후, 등몰의 아연 니트레이트 헥사하이드레이트 용액을 추가로 혼합하여 4가지의 성장용액을 제조하였다.
- [0059] 먼저 전처리된 케블라 섬유를 상기 시드 용액에 10분간 침지시킨 후, 10분간 150℃로 열처리를 수행하는 단계를 각 성장 용액에 대하여 2회, 4회, 6회 및 8회 수행하였다.
- [0060] 이때 시딩된 케블라 섬유를 상기 성장 용액에 침지시킨 후, 전체를 밀봉하여 90℃ 환경하에서 4, 6, 8 및 10시간을 각각 선택적으로 수행하였다.
- [0061] 그리고 코팅층 형성이 완료된 케블라 섬유를 1일간 건조한 후, VARTM 방식으로 PES를 함침하여 500×500×5mm의 ZnO/WKF/PES 복합재료 시편을 각각 제조하였다.

[0063] **비교예**

- [0064] 실시예와 동일한 WKF(코팅층 미생성)를 기본으로 VARTM 방식으로 PES를 함침하여 500×500×5mm의 WKF/PES 복합재료 시편을 제조하였다.

[0066] **시험예 1(코팅층 형성 시험)**

- [0067] 실시예에 따른 코팅층 성장 유무를 도 2에 도시하였다. 시드 회수, 농도 및 성장 시간에 따라 다양한 결과가 도출되었다.
- [0068] 시드 회수는 4회 이상부터 코팅층이 성장하였으며, 농도는 20 이상 그리고 성장 시간은 6시간 이상에서 코팅층이 각각 형성되었다.
- [0069] 상기 결과를 정리하면, 시드 회수가 4회인 경우, 농도 60, 성장 시간 10시간에서 성장하였고, 시드 회수 6회인 경우, 농도 40, 시간 10에서 정상적인 성장을 나타내었고, 시드 회수 8회인 경우, 농도 40, 시간 6에서 정상적인 성장을 나타내었다.

[0071] **시험예 2(코팅층의 무게 비 측정)**

- [0072] TGA 해석 방법을 통하여 ZnO의 WKF에 대한 무게 비율을 측정하였으며, 측정 결과는 도 3에 도시하였다.
- [0073] 시드 회수 4, 농도 60, 성장 시간 10에서 가장 높은 비율을 나타내었다.

[0075] **시험예 3(부피 비율 측정)**

- [0076] 부피 비율과 공극 비율을 WKF/ZnO/PES(실시예)를 WKF/PES와 비교하여 도 4에 도시하였다.
- [0077] 역시 시드 회수 3, 농도 60, 성장 시간 10에서 가장 높은 부피 비율을 나타내고, 공극은 반대로 가장 낮은 비율을 나타냄을 확인할 수 있었다.

[0079] **시험예 4(충격 시험)**

[0080] 실시예와 비교예를 대상으로 낙하 충격 시험을 수행하였다. 충격시험기(model 5982, Instron, Norwood, MA, USA)를 이용하여 ASTM D5628-10 규정에 의하여 실시하였으며, 5kg의 충격부에 원형 클램프를 장착하여 초기의 직경은 40mm로 설정하였다.

[0081] 도 5(****Fig 6(B)첨부분탁드립니다****)에는 실시예와 비교예에 따른 흡수 에너지를 도시하였다. 상기 도 5를 통하여 실시예가 비교예에 비하여 높은 충격에너지 흡수율을 나타내는 것을 확인하였다.

[0082] 또한 도 6(*****Fig 7(B)***첨부분탁드립니다)에는 실시예와 비교예에 따른 속도 반응을 도시하였다. 상기 도 6을 통하여 역시 실시예가 비교예에 비하여 우수한 속도 반응을 나타내는 것을 확인하였다.

[0084] **시험예 5(강도 시험)**

[0085] 재료시험기(Instron 5982)를 이용하여 실시예 및 비교예의 강도 시험을 수행하였다. 이때 이동 속도는 2mm/min 으로 설정하였으며, ASTM D3039 규정으로 시험을 진행하였다.

[0086] 도 7(*****Fig 8*****첨부분탁드립니다)에는 실시예와 비교예의 인장 강도와 계수(modulus)를 나타내었다. 역시 실시예가 비교예에 비하여 우수한 강도 특성을 나타내는 것을 확인하였다.

[0088] 상기 시험예 4 및 시험예 5를 통하여 본 발명에 따른 방탄용 케블라 섬유용 코팅 방법으로 제조된 케블라 섬유는 코팅이 형성되지 않은 케블라 섬유에 위하여 방탄 특성이 향상되었음을 확인하였다.

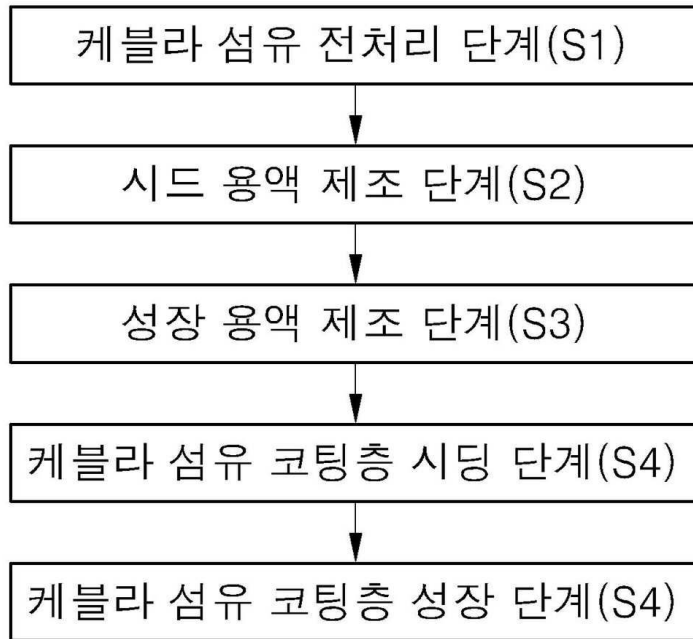
[0090] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

부호의 설명

[0091] S1: 케블라 섬유 전처리 단계 S2: 시드 용액 제조 단계
S3: 성장 용액 제조 단계 S4: 케블라 섬유 코팅층 시딩 단계
S5: 케블라 섬유 코팅층 성장 단계

도면

도면1



도면2

Sl No.	Seed Cycles (10 + 10 min)	Growth Concentration (mM)	Time (h)	Results
1	2	20	4	No growth
2	2	40	6	No growth
3	2	60	8	No growth
4	2	80	10	No growth
5	4	20	6	No growth
6	4	40	4	No growth
7	4	60	10	Growth
8	4	80	8	Growth
9	6	20	8	Little growth
10	6	40	10	Growth
11	6	60	4	No growth
12	6	80	6	Little growth
13	8	20	10	Growth
14	8	40	8	Growth
15	8	60	6	Little growth
16	8	80	4	No growth

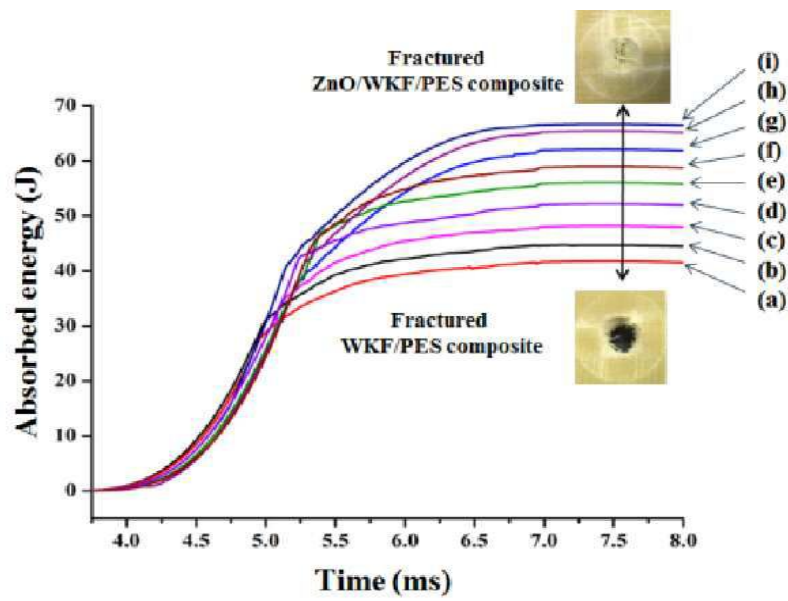
도면3

SI No.	Sample	% Wt. Change (from TGA)
1	8 seed cycles, 60 mM, 6 h	1.225
2	6 seed cycles, 80 mM, 6 h	2.230
3	6 seed cycles, 20 mM, 8 h	3.863
4	8 seed cycles, 40 mM, 8 h	7.130
5	4 seed cycles, 80 mM, 8 h	8.355
6	8 seed cycles, 20 mM, 10 h	9.172
7	6 seed cycles, 40 mM, 10 h	10.806
8	4 seed cycles, 60 mM, 10 h	12.030

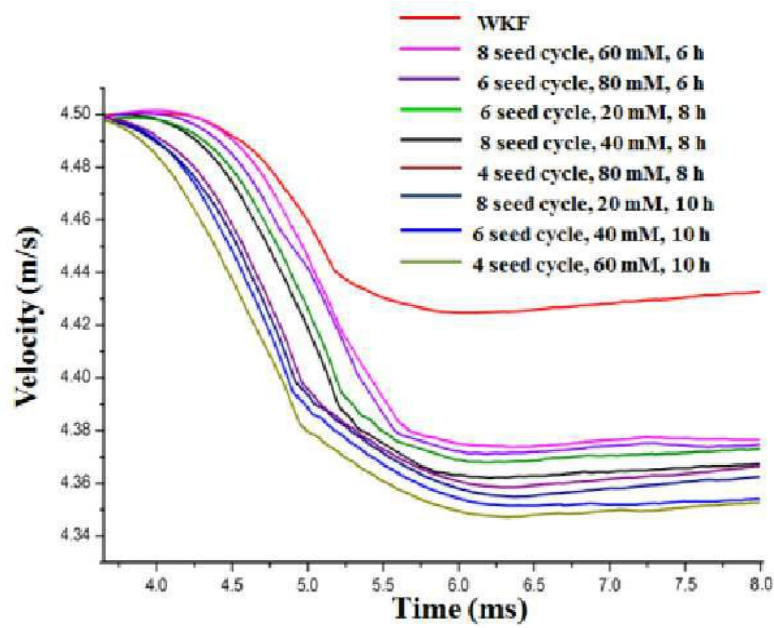
도면4

SI No.	Sample	ZnO volume fraction (%)	Void (%)
1	Neat WKF/PES	---	16.24
2	WKF/ZnO(8 seed cycles, 60 mM, 6 h)/PES	0.56	12.34
3	WKF/ZnO(6 seed cycles, 80 mM, 6 h)/PES	0.87	11.14
4	WKF/ZnO(6 seed cycles, 20 mM, 8 h)/PES	0.96	10.54
5	WKF/ZnO(8 seed cycles, 40 mM, 8 h)/PES	1.46	8.68
6	WKF/ZnO(4 seed cycles, 80 mM, 8 h)/PES	1.84	7.98
7	WKF/ZnO(8 seed cycles, 20 mM, 10 h)/PES	2.08	7.14
8	WKF/ZnO(6 seed cycles, 40 mM, 10 h)/PES	2.65	6.21
9	WKF/ZnO(4 seed cycles, 60 mM, 10 h)/PES	3.32	5.61

도면5



도면6



도면7

