(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0098406
(43) 공개일자 2025년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 11/07 (2006.01) *D01F 9/22* (2006.01)
D06M 10/02 (2006.01) *D06M 101/40* (2006.01)
(52) CPC특허분류
D06M 11/07 (2013.01)
D01F 9/225 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0189674
(22) 출원일자 2023년12월22일
심사청구일자 2023년12월22일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이영석
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 506동 901호
임채훈
대전광역시 유성구 노은로 416, 502동 802호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 플러스

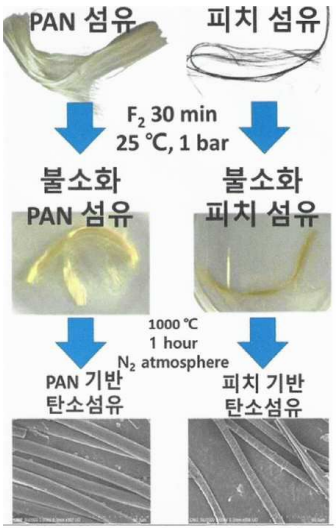
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **상온 조건에서 탄소섬유용 방사 섬유의 안정화**

(57) 요 약

본 발명은 상온, 상압 조건에서 탄소섬유용 방사 섬유의 안정화 방법에 관한 것이다. 구체적으로 본 발명은 S1) 방사섬유를 할로겐 가스 또는 사불화탄소로 표면 개질하는 단계; S2) 표면개질된 방사섬유를 비활성 가스 분위기에서 열처리하여 탄화섬유를 제조하는 단계;를 포함하며, 상기 표면 개질은 0 내지 30 ℃, 1 bar에서 조건에서 개질되는 것인, 탄화섬유 제조방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
D06M 10/025 (2013.01)
D06M 2101/40 (2013.01)
D10B 2101/14 (2013.01)
(72) 발명자
하성민
대전광역시 유성구 신성남로 31, 304호
하나은
대전광역시 유성구 노은로426번길 187
명성재
대전광역시 유성구 궁동로2번길 17-11 에덴하우스 103호

명 세 서

청구범위

청구항 1

S1) 방사섬유를 할로겐 가스 또는 할로겐 유도체로 개질하는 단계;

S2) 개질된 방사섬유를 비활성 가스 분위기에서 열처리하여 탄화섬유를 제조하는 단계;를 포함하며,

상기 개질은 0 내지 30 ℃, 1 bar에서 조건에서 개질되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 할로겐 가스는 불소 가스를 포함하는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 개질은 1 내지 60 분 동안 할로겐 가스로 처리하는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 방사섬유는 폴리아크릴로니트릴, 셀룰로오스, 폴리올레핀 및 피치 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 소재로부터 유래된 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 할로겐 유도체는 사불화탄소(CF_4), 옥타플루오로사이클로부탄(C_4F_8), 삼불화질소(NF_3), 육플루오린화황(SF_6), 이플루오린화제논(XeF_2), 삼플루오르화 염소(ClF_3), 사플루오린화제논(XeF_4), 이산화염소(ClO_2) 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 할로겐 유도체를 포함하는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 방사섬유의 개질은 상기 할로겐 유도체를 플라즈마 처리하여 수행되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 1 내지 60 분 동안 수행되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 10 내지 40℃에서 수행되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 열처리는 비활성 기체내에서 수행되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 열처리는 700 내지 1200 ℃에서 수행되는 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 방사섬유 내 할로겐 원소의 함량이 25% 이상인 것인, 탄화섬유 제조방법.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 탄화섬유의 카본수율이 50 wt% 이상인 것인, 탄화섬유 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 상온 조건에서 탄소섬유용 방사 섬유의 안정화에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 탄소섬유는 고강도, 고탄성 및 열/전기 전도도가 우수하다는 특성을 가지면서도, 금속 소재보다 가볍다는 이점이 있어 우주항공, 자동차 산업 등 복합재료 분야에 널리 사용되고 있다. 상기 탄소섬유의 대표적인 원료로는 폴리아크로니크릴(polyacrylonitrile, PAN)과 피치 섬유가 있으며, 이들 섬유는 열가소성 고분자 섬유이기 때문에 탄소섬유화를 위한 열처리 공정 시 용융되어 섬유상을 유지하기 어려운 점이 있다. 이에 상기 섬유들에 산화 공정을 처리하여 섬유를 안정화 하는 과정이 필수적으로 요구된다.

[0003] 기존에 탄소섬유의 전구체 방사 섬유를 안정화하기 위하여 산화성 분위기 및 200- 350 ℃의 온도에서 수 십 시간 섬유를 산화 시키는 방법이 이용되어 왔다.

[0004] 그러나 이러한 열 산화 기법의 경우 방사 섬유를 고온에서 긴 시간 산화성 기체에 노출 시켜야 하기 때문에 엄청난 에너지 비용이 드는 문제점이 있다.

[0005] 최근 이러한 문제를 해결하고자 전구체 방사 섬유를 강산 용액에 담지 시켜 산화를 유도하는 방법이 개발 되었으나, 이 경우 강산성 폐액이 다량 발생한다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에 본 발명에서는 전구체방사 섬유를 상온, 상압 및 짧은 시간(30분 이내) 동안 불소와 같은 라디칼을 형성하기 쉬운 할로겐 가스에 노출 시켜 섬유를 안정화 하여 안정화 시 소비되는 에너지 및 공정 시간 비용을 획기적으로 단축시킬 수 있는 방법을 제안하고자한다.

[0007] 본 발명의 다른 목적으로는 탄소섬유용 방사섬유에 할로겐 유도가스를 주입하고 플라즈마를 조사하여, 상기 방사섬유에 할로겐 원소를 도입하고 이를 통하여 상온 조건에서 방사섬유를 안정화 하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 S1) 방사섬유를 할로겐 가스 또는 할로겐 유도체로 개질하는 단계;

[0009] S2) 개질된 방사섬유를 비활성 가스 분위기에서 열처리하여 탄화섬유를 제조하는 단계;를 포함하며, 상기 개질은 0 내지 30 ℃, 1 bar에서 조건에서 개질되는 것인, 탄화섬유 제조방법에 관한 것이다.

[0010] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 할로겐 가스는 불소 가스를 포함하는 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 개질은 1 내지 60 분 동안 할로겐 가스로 처리하는 것일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 방사섬유는 폴리아크릴로니트릴, 셀룰로오스, 폴리올레핀 및 피치 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 소재로부터 유래된 것일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 할로겐 유도체는 사불화탄소(CF4), 옥타플루오로사이클로부탄(C_4F_8), 삼불화질소(NF_3), 육플루오린화황(SF_6), 이플루오린화제논(XeF_2), 삼플루오르화 염소(ClF_3), 사플루오린화제논(XeF_4), 이산화염소(ClO_2) 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 할로겐 유도체를 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 방사섬유의 개질은 상기 할로겐 유도체를 플라즈마 처리하여 수행되는 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 플라즈마 처리는 1 내지 60 분 동안 수행되는 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 플라즈마 처리는 10 내지 40℃에서 수행되는 것일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 열처리는 비활성 기체내에서 수행되는 것일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 열처리는 700 내지 1200 ℃에서 수행되는 것일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 방사섬유 내 할로겐 원소의 함량이 25% 이상인 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 탄화섬유의 카본수율이 50 wt% 이상인 것일 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에서는 PAN 또는 피치 섬유에 불소 가스를 부여하여 상온, 상압에서 라디칼을 형성하여 방사 섬유와 자발적으로 반응을 유도하고 이를 탄화 시켜 탄화섬유를 제공함으로써, 기존의 열 산화 처리 방식보다 공정 에너지 및 시간 효율이 우수한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 불소 처리 섬유 공정 및 이를 탄화시켜 제조한 탄화섬유의 SEM 이미지이다.

도 2는 본 발명의 실시예들의 탄화섬유에 대한 SEM 이미지이다.

도 3은 본 발명의 개질 방사섬유 내의 할로겐 함량을 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 탄화섬유 내의 탄소함량을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하 첨부된 도면들을 포함한 구체예 또는 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 구체예 또는 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.

[0024] 또한 달리 정의되지 않는 한, 모든 기술적 용어 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 당업자 중 하나에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 본 발명에서 설명에 사용되는 용어는 단지 특정 구체예를 효과적으로 기술하기 위함이고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0025] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0026] 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0027] 본 명세서에서 상온은 실온을 의미하며, 구체적으로 20±5 ℃를 의미한다. 또한 본 명세서에서 상압은 특별히 감압 또는 가압도 하지 않을 때의 압력을 의미하며, 통상적으로 대기압과 같은 압력을 의미하며, 구체적으로 1 기압을 의미한다.

[0028] 또한 본 명세서의 “방사섬유”는 상기 원사 원료로부터 제조한 섬유상 물질을 정의한 것 일 수 있다.

[0029] 또한, 본 명세서에서 사용되는 수치 범위는 하한치와 상한치와 그 범위 내에서의 모든 값, 정의되는 범위의 형태와 폭에서 논리적으로 유도되는 증분, 이중 한정된 모든 값 및 서로 다른 형태로 한정된 수치 범위의 상한 및 하한의 모든 가능한 조합을 포함한다. 본 발명의 명세서에서 특별한 정의가 없는 한 실험 오차 또는 값의 반올림으로 인해 발생할 가능성이 있는 수치범위 외의 값 역시 정의된 수치범위에 포함된다.

[0030] 본 명세서의 용어, '포함한다'는 '구비한다', '함유한다', '가진다' 또는 '특징으로 한다' 등의 표현과 등가의 의미를 가지는 개방형 기재이며, 추가로 열거되어 있지 않은 요소, 재료 또는 공정을 배제하지 않는다.

[0031] 종래의 탄화섬유 제조는 고분자 섬유에 고온에서 긴 시간 동안 산화성 기체 노출 또는 강산 용액에 침지시켜 안정화를 시킨 후 이를 탄화하여 탄소섬유를 제공했으나, 상기 방법들은 장기간 처리 시간 및 폐액 처리 등의 비용 등의 문제점이 있다.

[0032] 이에, 본 발명은 S1) 방사섬유를 할로겐 가스로 개질하는 단계; S2) 개질된 방사섬유를 비활성 가스 분위기에서 열처리하여 탄화섬유를 제조하는 단계;를 포함하며, 상기 개질은 0 내지 30 ℃, 1 bar에서 조건에서 개질되는 것인, 탄화섬유 제조방법을 제공함에 따라, 섬유의 안정화 시간을 단축하면서 동시에 비용이 절감되는 장점이 있다.

[0033] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 할로겐 가스는 불소 가스, 염소 가스, 브롬 가스 및 아이오딘 가스 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 가스일 수 있으며, 좋게는 불소 가스일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0034] 상기 불소 가스(F_2)의 경우 상온, 상압에서 라디칼 형태로 분해되며, 라디칼로 분해된 불소 가스(F·)가 상기 방사섬유의 표면을 안정화시켜, 추후 상기 방사섬유를 고온에서 탄화시킬 때 섬유 형상을 유지할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 양태에 따르면, 상기 할로겐 가스는 5 내지 300 sccm의 유량으로 주입될 수 있으며, 구체적으로는 50 내지 200 sccm일 수 있다. 상기의 할로겐 가스의 주입량에 따라, 후술할 플라즈마 할로겐화 안정화 섬유의 할로겐 원소함량을 다르게 할 수 있음으로, 이에 따른 열적 특성이 다른 안정화 섬유를 제공할 수 있으며, 할로겐 유도 가스의 주입량이 증가함에 따라, 안정화 섬유의의 열처리 수율이 증가할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 표면 개질은 1 내지 60 분 동안 할로겐 가스로 처리하는 것일 수 있으며, 좋게는 20 내지 40 분일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0037] 상기 반응시간을 도입함으로서, 불소가스가 라디칼로 분해되는 충분한 시간을 가질 수 있으며, 동시에 상기 방사섬유 내부까지 불소 라디칼이 침투하여 섬유를 안정화 할 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 방사섬유는 폴리아크릴로니트릴, 셀룰로오스, 폴리올레핀 및 피치 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 소재로부터 유래된 것일 수 있으며, 좋게는 폴리아크릴로니트릴, 피치 또는 이들의 혼합물일 수 있으나, 통상적으로 탄화섬유를 제공할 수 있는 방사섬유라면 이에 제한되는 것은 아니다.

[0039] 상기 방사섬유의 직경은 1 내지 100 ㎛ 일 수 있으며, 좋게는 5 내지 50 ㎛일 수 있으며, 좋게는 5 내지 20 ㎛

일 수 있으며, 좋게는 6 내지 15 ㎛일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0040] 상기 직경을 유지함에 따라, 상기 방사섬유에 라디칼로 치환된 할로겐 가스가 상기 반응 시간 동안 내부 깊숙이 침투하여 상기 방사섬유를 고효율로 안정화 시킬 수 있다.

[0041] 본 발명의 다른 양태에 따라, 상기 방사섬유의 개질은 상기 할로겐 가스 대신에 할로겐 유도체로 개질하는 것일 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 할로겐 유도체는 사불화탄소(CF_4), 옥타플루오로사이클로부탄(C_4F_8), 삼불화질소(NF_3), 육플루오린화황(SF_6), 이플루오린화제논(XeF_2), 삼플루오르화 염소(ClF_3), 사플루오린화제논(XeF_4), 이산화염소(ClO_2) 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 할로겐 유도체를 포함하는 것일 수 있으며, 좋게는 사불화탄소(CF_4)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0043] 상기 할로겐 유도체의 경우 상온 상압에서는 라디칼로 분해되지 않고, 플라즈마 처리시 활성화되어 상기 방사섬유를 개질 시킬 수 있다.

[0044] 상기 할로겐 유도체에 플라즈마 처리하여 이온화 시킨 후 이를 방사섬유 안정화시킴에 따라, 방사섬유에 안정화 반응의 균일성을 크게 향상시킬 수 있으며, 플라즈마 조건에 따라 반응 정도 또한 제어할 수 있는 장점이 있다.

[0045] 특히, 상기 할로겐 가스의 경우 주입량 및 반응처리시간을 늘려도 방사섬유내에 할로겐 함량이 일정수준 이상 내첨하기 어려우나, 상기 할로겐 유도체를 플라즈마 처리하여 이온화시킬 경우 주입시간 및 주입량이 높을수록 방사섬유 내에 할로겐의 함량이 높아지는 장점이 있다. 즉, 방사섬유 내의 할로겐 원소 함량을 제어함에 따라 방사섬유의 화학 구조적 안정화 또한 제어할 수 있는 장점이 있다.

[0046] 이 또한, 상기 상온 상압에서 진행됨에 따라, 추가적인 에너지 및 공정이 필요하지 않으며, 반응 조건 제어 또한 원활하여 균일하게 개질 처리된 방사섬유를 대량으로 생산할 수 있다.

[0047] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 플라즈마 처리는 1 내지 60 분 동안 수행되는 것일 수 있으며, 좋게는 10 내지 50 분 동안 수행될 수 있으며, 좋게는 20 내지 40분 동안 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0048] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 플라즈마 처리는 10 내지 40℃에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0049] 이제, 상기 개질된 방사섬유를 탄화시켜 탄화섬유로 제공하는 것을 설명한다.

[0050] 상기 개질된 방사섬유, 즉 안정화된 방사섬유를 고온에서 탄화시켜 탄화섬유를 제공할 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 열처리는 비활성 기체 내에서 수행되는 것일 수 있으며, 상기 비활성 기체는 질소, 아르곤 등을 사용할 수 있으나, 통상적으로 사용되는 비활성 가스라면 이에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 열처리는 분당 5 내지 10 ℃로 승온하여 700 내지 1200 ℃에서 수행되는 것일 수 있으며, 좋게는 분당 8 내지 10 ℃로 승온하여 900 내지 1100 ℃에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0053] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 방사섬유 내 할로겐 원소의 함량이 25% 이상일 수 있으며, 좋게는 30% 이상, 좋게는 40% 이상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 개질 방식을 채택함에 따라, 할로겐 원소함량이 높은 것을 확인할 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 양태에 따라, 상기 탄화섬유의 카본수율이 50 wt% 이상, 좋게는 55 wt% 이상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0055] 상기 방식을 채택함으로서 탄소의 함량 수율이 우수한 장점이 있으며, 이에 따라 섬유 형태를 유지하면서 탄소 함량 또한 우수한 탄화섬유를 제공할 수 있다.

[0057] 이하 실시예 및 비교예를 바탕으로 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 실시예 및 비교예는 본 발명을 더욱 상세히 설명하기 위한 하나의 예시일 뿐, 본 발명이 하기 실시예 및 비교예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0059] [실시예 1]

[0060] PAN 섬유(Courtaulds社) 2g을 반응기에 넣고 내부를 25 ℃, 0 torr의 진공으로 유지하였다. 이후 상기 반응기에 불소 가스를 1 bar 만큼 주입한 뒤 20분간 대기하였다. 반응이 끝난 뒤 반응기 내부의 가스를 제거한 뒤 질소 가스를 1 bar 만큼 주입하였다. 반응기에서 불소 처리된 PAN 섬유를 꺼낸 뒤 열처리를 진행하였다. 열처리는 분당 10 ℃로 승온하여 질소가스내 1000 ℃에서 1시간동안 수행하였다.

[0062] [실시예 2]

[0063] 피치섬유는 메조페이스 피치(미쯔비시社)를 용융방사하여 직접 제조하였다. 피치 섬유 2g을 반응기에 넣고 내부를 25 ℃, 0 torr의 진공으로 유지하였다. 이후 상기 반응기에 불소 가스를 1 bar 만큼 주입한 뒤 20분간 대기하였다. 반응이 끝난 뒤 반응기 내부의 가스를 제거한 뒤 질소 가스를 1 bar 만큼 주입하였다. 반응기에서 불소 처리된 PAN 섬유를 꺼낸 뒤 열처리를 진행하였다. 열처리는 분당 10 ℃로 승온하여 질소가스내 1000 ℃에서 1시간동안 수행하였다.

[0065] [실시예 3]

[0066] PAN 섬유(Courtaulds社) 2g을 반응기에 넣고 내부를 25 ℃, 0 torr의 진공으로 유지하였다. 이후 상기 반응기에 CF_4 가스를 분당 100 sccm 만큼 주입하였다. 그 후 플라즈마 방전을 200 W 전력으로 20분간 인가하였다. 반응이 끝난 뒤 반응기 내부의 가스를 제거한 뒤 공기 가스를 1 bar 만큼 주입하였다. 반응기에서 플라즈마 CF_4 처리된 PAN 섬유를 꺼낸 뒤 열처리를 진행하였다. 열처리는 질소가스내 분당 10 ℃로 승온하여 1000 ℃에서 1시간동안 수행하였다.

[0068] [실시예 4]

[0069] 피치섬유는 메조페이스 피치(미쯔비시社)를 용융방사하여 직접 제조하였다. 피치 섬유 2g을 반응기에 넣고 내부를 25 ℃, 0 torr의 진공으로 유지하였다. 이후 상기 반응기에 CF_4 가스를 분당 100 sccm 만큼 주입하였다. 그 후 플라즈마 방전을 200 W 전력으로 20분간 인가하였다. 반응이 끝난 뒤 반응기 내부의 가스를 제거한 뒤 공기 가스를 1 bar 만큼 주입하였다. 반응기에서 플라즈마 CF_4 처리된 PAN 섬유를 꺼낸 뒤 열처리를 진행하였다. 열처리는 질소가스내 분당 10 ℃로 승온하여 1000 ℃에서 1시간동안 수행하였다.

[0071] 도 2에서 a)는 실시예 1, b) 실시예 2, C)실시예 3 및 d)실시예 4에 대한 탄화섬유 SEM 이미지이다.

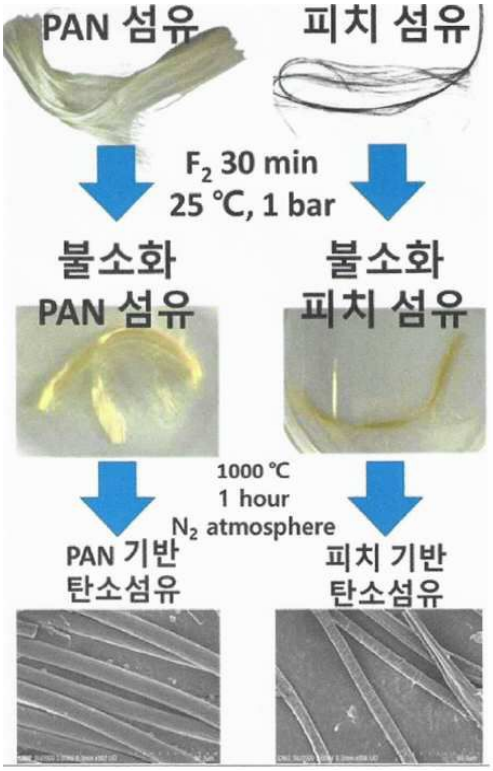
[0072] 상기 SEM 이미지에서 탄화섬유의 형태가 섬유형태를 유지하고 있음을 알 수 있다.

[0074] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

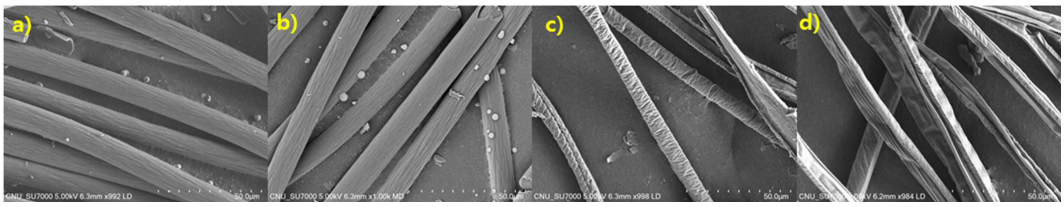
[0075] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

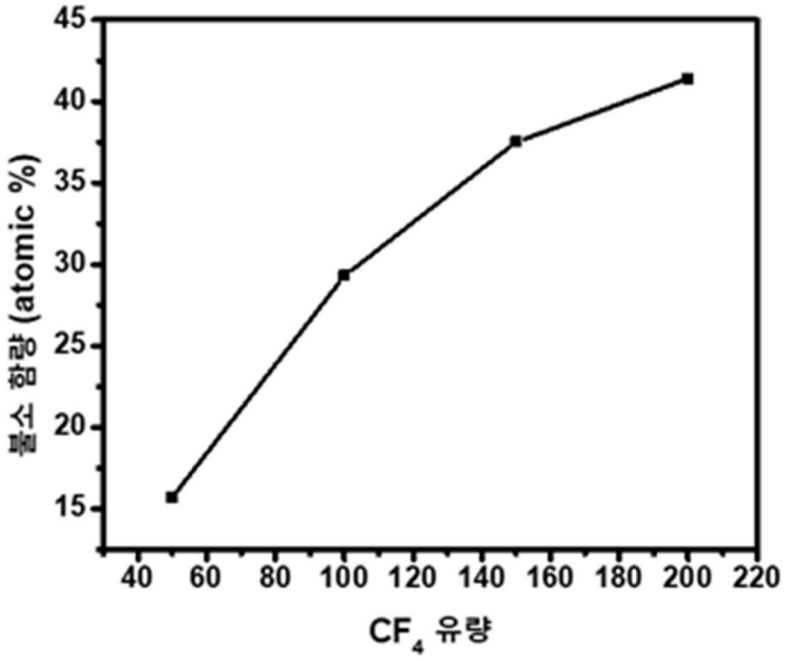
도면1


PAN 섬유
피치 섬유
F2 30 min
25 ℃, 1 bar
불소화
PAN 섬유
불소화
피치 섬유
1000 ℃
1 hour
N2 atmosphere
PAN 기반
탄소섬유
피치 기반
탄소섬유

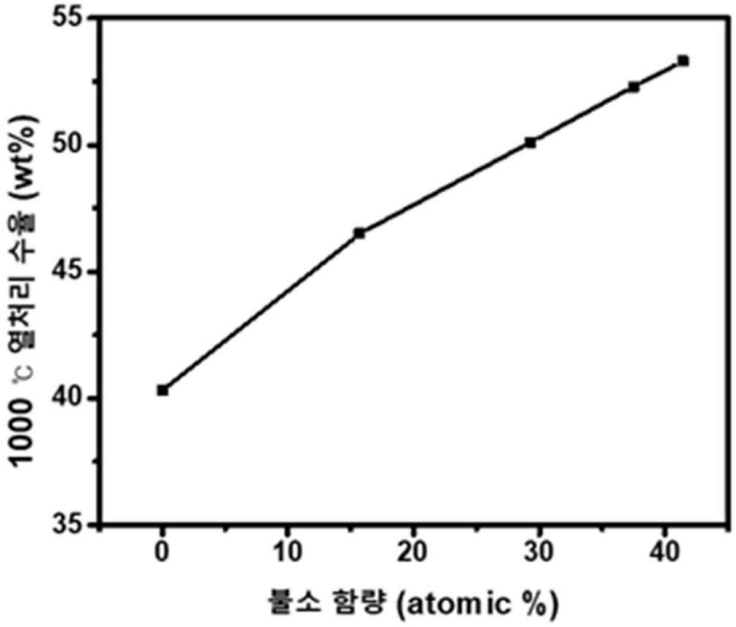
도면2


a)
b)
c)
d)

도면3


45
40
35
30
25
20
15
불소 함량 (atomic %)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
CF4 유량

도면4


55
50
45
40
35
1000 ℃ 열처리 수율 (wt%)
0
10
20
30
40
불소 함량 (atomic %)