



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년01월20일

(11) 등록번호 10-1586435

(24) 등록일자 2016년01월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C01B 31/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0174095

(22) 출원일자 2014년12월05일

심사청구일자 2014년12월05일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120116761 A

KR101466752 B1

Journal of Applied Polymer Science, Vol.108,
1490-1495*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

이영석

대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트
506동 901호(엑스포 아파트)

김지현

울산광역시 북구 동대8길 18, 302호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이동희

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 이진홍

(54) 발명의 명칭 **고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법 및 이에 의해 제조된 그래파이트 폼**

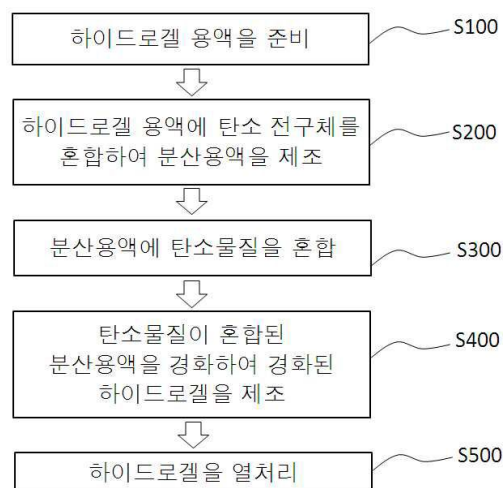
(57) 요약

고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법 및 이에 의해 제조된 그래파이트 폼이 개시된다.

본 발명의 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법은, (a) 하이드로겔 용액을 준비하는 단계; (b) 상기 하이드로겔 용액에 탄소 전구체를 혼합하여 분산용액을 제조하는 단계; (c) 상기 분산용액에 탄소물질을 혼합하는 단계; (d) 상기 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 용기에 수용한 후 경화하는 단계; 및 (e) 상기 (d)단계의 경화과정을 거친 하이드로겔을 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 탄소 전구체가 첨가된 하이드로겔 용액을 제조한 후 탄소물질을 첨가하고 열처리하여 고강도 및 우수한 열전도성을 가지며 하이드로겔을 템플릿으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼을 제조할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

고윤영

대전 서구 변동중로64번길 42, 나동 201호 (변동,
세원빌라)

김도영

대전 동구 대전로542번길 78-1, 203동 903호 (천동, 휴먼시아2단지아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 하이드로겔 용액을 준비하는 단계;
- (b) 상기 하이드로겔 용액 100 중량부 대비 탄소 전구체 10 내지 40 중량부를 혼합하여 분산용액을 제조하는 단계;
- (c) 상기 분산용액에 탄소물질을 혼합하는 단계;
- (d) 상기 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 용기에 수용한 후 경화하는 단계; 및
- (e) 상기 (d)단계의 경화과정을 거친 하이드로겔을 열처리하는 단계를 포함하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a)단계에서 상기 하이드로겔 용액은, 고분자 전구체와, NaCl, Na₂CO₃, NaSO₄, KOH, NaOH 및 KCl 중 어느 하나를 포함하는 이온성 수용액의 혼합으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 고분자 전구체는 폴리비닐 알코올 (polyvinyl alcohol, PVA), 폴리에틸렌 옥사이드(polyethylene oxide, PEO), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethylmethacrylate, PMMA), 폴리락티드(poly(lactic acid, PLA) 및 아크릴산(acrylic acid, AAc) 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 고분자 전구체는 상기 하이드로겔 용액 내에 5 내지 7중량%로 혼합되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 탄소 전구체는 등방성 피치, 이방성 피치, 석탄 및 페놀 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (b)단계에서는 분산제, 가교제 및 개시제가 더 혼합되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 분산제는 스티렌부타디엔고무(styrene butadiene rubber) 및 카복시메틸셀룰로오스(carboxymethyl cellulose) 중에서 선택되며,

상기 가교제는 글루타르알데히드(glutar aldehyde, GA) 및 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(Ethylene glycol demethacrylate) 중에서 선택되며,

상기 개시제는 과황화칼륨(Potassium persulfate)인 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 분산제는 상기 탄소 전구체 100중량부 대비 8 내지 12 중량부로 혼합되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (c)단계에서 상기 탄소물질은 탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 탄소물질은 상기 탄소 전구체 100중량부 대비 0.03 내지 0.1 중량부로 혼합되는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 (d)단계에서는, 상기 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 용기에 수용한 후 60 내지 90℃에서 6 내지 12시간 열처리하여 경화된 하이드로겔을 형성하는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 (e)단계는,

(e1) 상기 (d)단계를 거쳐 경화된 하이드로겔을 140 내지 200℃에서 10 내지 13 시간 동안 1차 열처리하는 단계;

(e2) 상기 (e1)단계 후, 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 1,000 내지 1,200℃에서 1 내지 2시간 동안 2차 열처리하는 단계; 및

(e3) 상기 (e2)단계 후, 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 2,600 내지 2,800℃에서 1 내지 2시간 동안 3차 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이프 폼 제조방법.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은, 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 탄소 전구체가 첨가된 하이드로겔 용액을 제조한 후 탄소물질을 첨가하고 열처리하여 고강도 및 우수한 열전도성을 갖는 그래파이트 폼을 제조하기 위한 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법 및 이에 의해 제조된 그래파이트 폼에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 그래파이트 폼은 가볍고 다공성이며 우수한 열전도성을 가진 흑연물질로써 향후 방열재, 전자파간섭(electromagnetic interference, EMI)등의 열전도율과 전기전도율의 응용분야에서 이용될 것으로 예상되며 기존의 열방출 소재로 사용되었던 알루미늄 폼과 비교하였을 때 그래파이트 폼은 가벼워 점차적으로 소형화 대는 추세에 전자기기의 열방출 재료로서 사용하기 매우 용이하다.
- [0003] 또한, 그래파이트 폼은 화학적으로 매우 안정하여 강한 내산성을 가지고 있는 재료로써 화학적으로 불안정하여 쉽게 산화가 되는 금속과 비교하였을 때 응용분야에 적용하기가 매우 적합하다.
- [0004] 그래파이트 폼은 다양한 재료로 제조가 가능하며 그 재료에는 석탄, 메조페이스 핏치, 등방성 핏치 또는 다른 탄화 가능한 물질로부터 형성될 수 있다. 또한 기존에는 주로 탄소폼을 제조하는데 있어서 폴리우레탄 폼 또는 페놀 폼과 같은 폴리머 폼으로 준비가 되어왔다.
- [0005] 이처럼 다양한 탄소물질을 통해 그래파이트 폼을 제조하는 것이 가능하며, 폴리우레탄 폼 또는 페놀 폼을 통해 그래파이트 폼을 제조하기 위해서는 폼에 용이하게 첨가하기 위해 높은 농도를 가지는 탄소물질이 분산된 용액과 압력이 이용된다. 또한, 높은 열전도도를 가지는 그래파이트 폼을 제조하기 위해서는 고온에서의 열처리를 통한 흑연화재료의 제조도 중요하지만, 열전도도 및 전도성이 높은 탄소나노튜브 또는 그래핀의 첨가에 따른 연구도 동시에 이루어져야 한다. 하지만, 고분자 또는 탄소 폼을 사용하여 그래파이트 폼을 제조할 경우 이러한 열전도도 및 전도성이 높은 탄소나노튜브, 그래핀, 탄소섬유의 첨가가 어려우며, 폼을 이용한 그래파이트 폼 제조시 높은 압력이 가해야 하는 단점을 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1110351호 (2012. 1. 19 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 탄소 전구체가 첨가된 하이드로겔 용액을 제조한 후 탄소물질을 첨가하고 열처리하여 고강도 및 우수한 열전도성을 가지며 하이드로겔을 템플레이트로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법 및 이에 의해 제조된 그래파이트 폼을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 본 발명의 목적은 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, (a) 하이드로겔 용액을 준비하는 단계; (b) 상기 하이드로겔 용액에 탄소 전구체를 혼합하여 분산용액을 제조하는 단계; (c) 상기 분산용액에 탄소물질을 혼합하는 단계; (d) 상기 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 용기에 수용한 후 경화하는 단계; 및 (e) 상기 (d)단계의 경화과정을 거친 하이드로겔

을 열처리하는 단계를 포함하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법이 제공된다.

- [0010] 상기 (a)단계에서 상기 하이드로겔 용액은, 고분자 전구체와, NaCl, Na₂CO₃, NaSO₄, KOH, NaOH 및 KCl 중 어느 하나를 포함하는 이온성 수용액의 혼합으로 이루어질 수 있다.
- [0011] 상기 고분자 전구체는 폴리비닐 알코올 (polyvinyl alcohol, PVA), 폴리에틸렌 옥사이드(polyethylene oxide, PEO), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethylmethacrylate, PMMA), 폴리락틱엑시드(polylactic acid, PLA) 및 아크릴산(acylic acid, AAc) 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있다.
- [0012] 상기 고분자 전구체는 상기 하이드로겔 용액 내에 5 내지 7중량%로 혼합될 수 있다.
- [0013] 상기 탄소 전구체는 등방성 피치, 이방성 피치, 석탄 및 페놀 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있다.
- [0014] 상기 (b)단계에서, 상기 탄소 전구체는 상기 하이드로겔 용액 100중량부 대비 10 내지 40 중량부로 혼합될 수 있다.
- [0015] 상기 (b)단계에서는 분산제, 가교제 및 개시제가 더 혼합될 수 있다.
- [0016] 상기 분산제는 스티렌부타디엔고무(styrene butadiene rubber) 및 카복시메틸셀룰로오스(carboxylmethyl cellulose) 중에서 선택되며, 상기 가교제는 글루타르알데히드(glutar aldehyde, GA) 및 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(Ethylene glycol demethacrylate) 중에서 선택되며, 상기 개시제는 과황화칼륨(Potassium persulfate)로 적용될 수 있다.
- [0017] 상기 분산제는 상기 탄소 전구체 100중량부 대비 8 내지 12 중량부로 혼합될 수 있다.
- [0018] 상기 (c)단계에서 상기 탄소물질은 탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중에서 선택될 수 있다.
- [0019] 상기 탄소물질은 상기 탄소 전구체 100중량부 대비 0.03 내지 0.1 중량부로 혼합될 수 있다.
- [0020] 상기 (d)단계에서는, 상기 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 용기에 수용한 후 60 내지 90℃에서 6 내지 12시간 열처리하여 경화된 하이드로겔을 형성할 수 있다.
- [0021] 상기 (e)단계는, (e1) 상기 (d)단계를 거쳐 경화된 하이드로겔을 140 내지 200℃에서 10 내지 13 시간 동안 1차 열처리하는 단계; (e2) 상기 (e1)단계 후, 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 1,000 내지 1,200℃에서 1 내지 2시간 동안 2차 열처리하는 단계; 및 (e3) 상기 (e2)단계 후, 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 2,600 내지 2,800℃에서 1 내지 2시간 동안 3차 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따르면, 탄소 전구체가 첨가된 하이드로겔 용액을 제조한 후 탄소물질을 첨가하고 열처리하여 고강도 및 우수한 열전도성을 가지며 하이드로겔을 템플레이트로 하는 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼을 제조할 수 있다.
- [0023] 또한, 하이드로겔 용액을 담는 용기의 사이즈에 따라 다양한 사이즈를 갖는 그래파이트 폼을 제조할 수 있다.
- [0024] 또한, 하이드로겔의 경화 및 열처리 과정을 통해 별도의 압력 부가없이도 그래파이트 폼을 제조할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1 및 도 2는 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1을 통해 제조된 그래파이트 폼의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.
- 도 4는 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4를 통해 제조된 그래파이트 폼 구조물의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.

도 5는 본 발명의 비교예 5 내지 비교예 8을 통해 제조된 그래파이트 폼 구조물의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.

도 6은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 비교예 4를 통해 제조된 그래파이트 폼의 구조물의 열안정성을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 비교예 5 내지 비교예 8을 통해 제조된 그래파이트 폼의 구조물의 열안정성을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 비교예 8의 그래파이트 폼의 구조물의 결정구조를 분석한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 더욱 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0028] 본 발명의 일례에 따른 고강도 및 고열전도를 갖는 그래파이트 폼 제조방법(이하, '제조방법'이라 함)은, 탄소 전구체가 첨가된 하이드로겔 용액 경화 및 열처리를 통해 그래파이트 폼을 제조하기 위한 것으로서, 일정 이상의 열전도성을 갖는 탄소물질의 첨가가 가능하며, 일정 이상의 압력 환경 조건이 제공되지 않은 상태에서도 그래파이트 폼을 제조할 수 있도록 하기 위한 것이다.

[0029] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0030] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일례에 따른 제조방법은, 하이드로겔 용액을 준비하는 단계(S100)와, 하이드로겔 용액에 탄소 전구체를 혼합하여 분산용액을 제조하는 단계(S200)와, 분산용액에 탄소물질을 혼합하는 단계(S300)와, 탄소물질이 혼합된 분산용액을 용기에 수용한 후 경화하는 단계(S400)와, S400단계의 경화과정을 거친 하이드로겔을 열처리하는 단계(S500)를 포함한다.

[0031] 먼저, S100단계에서는 하이드로겔 용액을 준비한다. 여기서, 하이드로겔 용액은, 고분자 전구체와 이온성 수용액의 혼합으로 이루어질 수 있으며, 상기 이온성 수용액은 NaCl, Na₂CO₃, NaSO₄, KOH, NaOH 및 KCl 중 어느 하나를 포함하는 수용액으로 적용될 수 있다.

[0032] 이와 같이 NaCl, Na₂CO₃, NaSO₄, KOH, NaOH 및 KCl 중 어느 하나를 포함하는 이유는, 후술하는 S400단계의 완료 시 이온 입자들이 일정 이상의 수분을 함유하도록 함으로써 결국 하이드로겔이 겔(gel) 상태를 충분히 유지하도록 하기 위함이다.

[0033] 본 발명의 일례에 있어서, 고분자 전구체는 하이드로겔을 제조할 수 있는 고분자라면 어느 것을 사용하여도 무방하며, 일 예로 폴리비닐 알코올(polyvinyl alcohol, PVA), 폴리에틸렌 옥사이드(polyethylene oxide, PEO), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethylmethacrylate, PMMA), 폴리락티익산(polylactic acid, PLA) 및 아크릴산(acylic acid, AA) 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있다.

[0034] 본 발명에서, 고분자 전구체는 하이드로겔 용액 내에 5 내지 7중량%로 혼합되는 것이 바람직하는데, 고분자 전구체의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우에는 하이드로겔의 형태를 유지할 정도의 점도를 갖지 못할 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 하이드로겔 용액 대비 고분자 전구체에 맞추어져 있는 후술하는 가교제 및 개시제의 양이 감소하여 반응시간 및 반응온도가 증가할 뿐만 아니라 하이드로겔 용액의 점도가 지나치게 증가하여 수분흡수가 용이한 투명한 겔의 형태보다는 불투명한 고분자 덩어리의 형태를 가질 수 있는 단점이 있어 바람직하지 않다.

[0035] 다음, S200단계에서는 S110단계의 하이드로겔 용액에 탄소 전구체를 혼합하여 분산용액을 제조하게 된다. 구체적으로, S200단계에서는 하이드로겔 용액에 탄소 전구체, 분산제, 가교제 및 개시제를 혼합하여 분산용액을 제조할 수 있다.

[0036] 본 발명에서, 탄소 전구체는 등방성 피치, 이방성 피치, 석탄 및 페놀 중에서 선택되거나 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있으며, 예를 들어 파우더 형태로 이루어질 수 있다.

- [0037] 또한 S200단계에서, 탄소 전구체는 하이드로겔 용액 100중량부 대비 10 내지 40 중량부로 혼합되는 것이 바람직한데, 탄소 전구체의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우 후술하는 S400단계에서 하이드로겔 형태를 잘 형성되나 탄소 전구체의 첨가량이 작아 S500단계 후 그라파이트 폼의 형태를 얻기 힘들 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 후술하는 S400단계에서 하이드로겔의 겔 형태가 잘 형성되지 않아 탄소 전구체와 하이드로겔이 서로 분리될 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0038] 한편, 본 발명에서 S200단계에 혼합되는 탄소 전구체는 안정화된 상태의 탄소 전구체로 적용되는 것이 바람직하다.
- [0039] 예를 들어, 탄소 전구체가 등방성 및 이방성 피치로 적용될 경우, 연화점 250℃를 가지는 개질된 피치를 1℃/min의 속도로 승온 시키고 대략 280℃에서 2시간 동안 산소분위기에서 안정화를 진행한 후 하이드로겔 용액에 혼합하여 사용할 수 있다. 이와 같이 등방성 및 이방성 피치를 안정화하지 않고 사용할 경우, 피치의 안정화조건이 실시하는 과정에서 고분자 전구체의 안정화 온도보다 높은 온도에서 진행하게 되어 고분자 전구체의 안정화 온도가 도달되어 안정화가 이루어져 후술하는 탄소화 반응 및 흑연화 반응에서 고분자가 제거되면서 공극을 갖는 그라파이트 폼의 형태를 얻을 수 없는 단점이 있다.
- [0040] S200단계에서는 전술한 바와 같이 분산제, 가교제 및 개시제가 더 혼합되는데, 분산제는 하이드로겔 용액에 상기 탄소 전구체 및 후술하는 S300단계에서의 탄소물질이 잘 분산되도록 하기 위해 첨가되며, 가교제 및 개시제는 후술하는 S400단계를 통해 하이드로겔 용액을 효율적으로 가교 결합하기 위해 첨가된다.
- [0041] 본 발명의 일례에 있어서, 분산제는 탄소 전구체 및 탄소물질을 하이드로겔 용액에 잘 분산시킬 수 있는 것이라면 어느 것을 사용하여도 무방하며, 일 예로 스티렌부타디엔고무(styrene butadiene rubber) 및 카복시메틸셀룰로오스(carboxymethyl cellulose) 중에서 선택될 수 있다.
- [0042] 본 발명에서, 분산제는 탄소 전구체 100중량부 대비 8 내지 12 중량부로 혼합되는 것이 바람직한데, 분산제의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우에는 하이드로겔 용액과 탄소 전구체, S300단계의 탄소물질의 분산이 제대로 이루어지기 힘들 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 S500단계를 통해 제조된 그라파이트 폼에 균일한 공극이 형성되기 힘들 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0043] 또한, 가교제는 일 예로 글루타르알데히드(glutar aldehyde, GA) 및 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(Ethylene glycol demethacrylate) 중에서 선택될 수 있다. 구체적으로 글루타르알데히드(glutar aldehyde, GA)는 폴리비닐 알코올 (polyvinyl alcohol, PVA)의 가교제로 적용될 수 있고, 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(Ethylene glycol demethacrylate)는 폴리락틱엑시드(polylactic acid, PLA)의 가교제로 적용될 수 있다.
- [0044] 본 발명에서, 가교제는 고분자 전구체 100중량부 대비 10 내지 18 중량부로 혼합되는 것이 바람직한데, 가교제의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우에는 하이드로겔 경화 온도 및 반응시간이 증가할 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 하이드로겔 용액의 경화가 실온에서도 급격한 속도로 이루어져 하이드로겔 용액과 탄소 전구체 및 탄소물질의 균일한 혼합을 이루는 하이드로겔의 제조가 어렵게 될 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0045] 또한, 개시제는 과황화칼륨(Potassium persulfate)으로 적용될 수 있다.
- [0046] 본 발명에서, 개시제는 고분자 전구체 100중량부 대비 0.3 내지 0.4 중량부로 혼합되는 것이 바람직한데, 개시제의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우에는 하이드로겔 경화 온도 및 반응시간이 증가할 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 개시제의 경우 이온성을 띄어 최종 생산물인 그라파이트 폼의 결정성에 영향을 줄 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0047] 이어서, S300단계에서는 S200단계를 통해 제조된 분산용액에 탄소물질을 혼합한다. 여기서, 탄소물질은 일정 이상의 열전도성을 갖는 물질로 적용되는 것이 바람직하며, 예를 들어 탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중에서 선택될 수 있다.
- [0048] 한편, S300단계에서는 분산용액에 탄소물질을 적절 비율로 혼합한 후 예를 들어 실온에서 1 내지 2시간 동안 교반하여 서로 혼합하게 되는데, 본 발명의 일례에서 탄소물질은 탄소 전구체 100중량부 대비 0.03 내지 0.1 중량부로 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0049] 여기서, 탄소물질의 혼합 비율이 상기 하한치 미만일 경우에는 첨가되는 양이 너무 적어 S500단계를 거쳐 제조되는 그라파이트 폼의 열전도도를 일정 수준 이상으로 향상시키기 힘들 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과하는 경우 첨가되는 양이 과다함으로 인해 탄소 전구체의 가교 반응을 방해하여 우수한 강도를 갖는

그라파이트 폼을 얻기 힘들 우려가 있으므로 바람직하지 않다.

- [0050] 본 발명에서, 탄소물질은 열수축을 감소시킴에 따라 후술하는 특성 비교에서 설명하는 바와 같이 탄소물질(예를 들면 탄소나노튜브)가 포함된 그라파이트 폼의 공극의 크기가 일정 이상의 사이즈로 형성될 수 있다.
- [0051] 이어서, S400단계에서는 S300단계를 통해 탄소물질이 혼합된 분산용액을 용기에 수용한 후 경화하게 된다.
- [0052] 구체적으로, S400단계에서는, 탄소물질이 혼합된 상기 분산용액을 일 예로 알루미늄 용기에 수용한 후 60 내지 90℃에서 6 내지 12시간 열처리하여 탄소 전구체가 첨가된 경화된 하이드로겔을 얻을 수 있게 된다.
- [0053] 여기서, 열처리 온도 및 열처리 시간이 상기 하한치 미만일 경우에는 반응 시간이 크게 증가할 우려가 있어 바람직하지 않고, 열처리 온도 및 열처리 시간이 상기 상한치를 초과하는 경우에는 하이드로겔이 심하게 수축되어 원하는 형태의 하이드로겔을 얻을 수 없을 우려가 발생하므로 바람직하지 않다.
- [0054] 이어서, S500단계에서는 S400단계의 경화과정을 거친 하이드로겔을 열처리하여 하이드로겔을 템플레이트로 사용하는 그라파이트 폼을 제조하게 된다.
- [0055] 본 발명에서, S500단계는 경화된 하이드로겔을 건조, 탄화(탄소화) 및 흑연화 반응을 진행하게 되는데, 탄화 반응은 질소가스 분위기에서 진행되는 것이 높은 수율의 탄소 폼을 얻는 것에 바람직하며, 흑연화 반응은 아르곤 가스 분위기에서 진행되는 것이 높은 수율의 그라파이트 폼을 얻는 것에 바람직하다. 또한, 1,500℃ 이상에서 질소가스를 사용할 경우 질소가스의 분해가 일어나 재료와 표면반응이 일어날 경우가 있음에 따라 흑연화 반응은 1,500℃ 이상에서도 안정한 아르곤 가스를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0056] 구체적으로, 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, S500단계는, S400단계를 거쳐 경화된 하이드로겔을 140 내지 200℃에서 10 내지 13 시간 동안 1차 열처리하는 단계(S510)와, S510단계 후 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 1,000 내지 1,200℃에서 1 내지 2시간 동안 2차 열처리하는 단계(S520)와, S520단계 후 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 2,600 내지 2,800℃에서 1 내지 2시간 동안 3차 열처리하는 단계(S530)를 포함한다.
- [0057] 먼저, S510단계는 하이드로겔을 건조하기 위한 건조 단계로서, S400단계를 거쳐 경화된 하이드로겔이 후술하는 S520 및 S530단계의 열처리를 통해 질량손실이 발생하는 것을 최대한 감소하기 위해 마련된다.
- [0058] 여기서, 건조 과정은 140 내지 200℃에서 10 내지 13 시간 동안 이루어지는 것이 바람직한데, 건조 온도 및 건조 시간이 상기 하한치 미만일 경우에는 하이드로겔의 내부가 완전히 건조되기 힘들어 그라파이트 폼을 제조하는 과정에서 증가된 질량손실을 가져올 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과할 경우에는 하이드로겔 겔부분이 심하게 건조되어 하이드로겔과 탄소 전구체가 분리될 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0059] 다음, S520단계는 S510단계(건조 단계)를 거친 하이드로겔을 탄화시키는 단계로서, 하이드로겔을 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 1,000 내지 1,200℃에서 1 내지 2시간 동안 2차 열처리하여 진행된다.
- [0060] 열처리 온도가 상기 하한치 미만일 경우 고분자가 휘발되지 않고 탄소 폼에 잔류하여 탄소 폼의 결정성을 감소시켜 강도 및 열전도도를 감소시킬 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과할 경우 탄소 폼의 열 안정성 및 결정성 향상에 도움이 된다. 하지만, 탄화 반응은 주로 1,000℃ 내지 1,200℃에서 이루어지며 최대 1,500℃에서 이루어짐에 따라 상한치를 초과할 경우의 온도는 크게 영향을 주지 않는다.
- [0061] 열처리 시간이 상기 하한치 미만일 경우 고분자가 휘발되는 것이 감소하고, 탄화 반응에 따른 결정성이 크게 감소할 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과할 경우 열처리하는 열처리 온도에 크게 영향을 받아 열처리 시간이 1 내지 2 시간 이상일 때 탄소 폼의 결정성에 크게 영향을 주지 않는다.
- [0062] 승온 속도가 상기 하한치 미만일 경우 반응온도에 도달하는 승온 시간이 증가하는 단점이 있고, 승온 속도가 상한치를 초과할 경우 탄소 폼의 결정성이 급하게 이루어져 불안정한 형태를 가질 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0063] 한편, 2차 열처리 반응인 탄화 반응은 1,000℃ 내지 1,200℃에서 이루어진다. 이 경우 다양한 고분자, 결정성이 약한 탄소전구체, 탄소물질 및 가교제 및 개시제가 휘발됨에 따라 유기물의 제거 및 탄소화 물질이 이루어지는 탄소화 반응이 일어난다. 따라서, 고강도 및 고열전도를 갖는 그라파이트 폼을 제조하기 위해 3차 열처리 반응인 흑연화 반응이 이루어지게 된다. 흑연화 반응은 탄소화 반응과 다르게 상당히 높은 고온인 2,600℃ 내지 2,800℃에서 이루어지게 된다. 이 경우 탄소물질의 결정성 향상으로 흑연 망면의 고결정성이 이루어진다. 또한, 이처럼 상당히 고온에서 반응을 진행할 경우 반응로의 열에 의한 팽창은 상당하며 이에 따라 높은 가스유량과 가스의 흐름을 원활하기 위해 진공펌프로 가스를 뽑아주게 된다. 하이드로겔을 통한 그라파이트 폼 제조에서 탄

소화 반응에 유기물이 휘발되기 때문에 탄소화 반응과 흑연화 반응을 구분하지 않고 진행할 경우 흑연화 반응으로의 오염이 문제가 되며, 진공펌프의 수명을 감소시킬 수 있다.

[0064] 다음, S530단계는 S520단계(탄화 단계)를 거친 하이드로겔을 흑연화시키는 단계로서, 3 내지 5℃/min의 속도로 승온시켜 최종적으로 2,600 내지 2,800℃에서 1 내지 2시간 동안 3차 열처리하여 진행되며 이에 따라 하이드로겔을 템플레이트로 사용하는 그래파이트 폼이 제조된다.

[0065] 여기서 열처리 온도가 상기 하한치 미만일 경우 흑연화 반응에서 흑연망면의 결정성 배향이 완전히 이루어지지 않을 우려가 있어 바람직하지 않으며, 상기 상한치를 초과할 경우 흑연화는 2,600℃ 내지 2,800℃에서도 충분히 이루어짐에 따라 그 이상의 온도에서 흑연화 반응에 영향을 주지 않는다.

[0066] 열처리시간이 상기 하한치 미만일 경우 흑연화 반응이 완전하게 이루어지지 않을 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과할 경우 반응시간이 1 내지 2시간에 충분한 고결정이 이루어지므로 고결정성 형성에 영향을 주지 않는다.

[0067] 승온 속도는 흑연화의 결정성배향과 관련이 있어 승온 속도가 상기 하한치 미만일 경우 승온 시간이 크게 증가할 우려가 있어 바람직하지 않고, 상기 상한치를 초과할 경우 흑연화 결정성 배향이 급하게 이루어져 흑연화의 균일한 결정성이 감소할 우려가 있어 바람직하지 않다.

[0068] 이하 실시예 및 시험예에 의거 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

[0069] 실시예 1 : 하이드로겔을 템플레이트로 하는 그래파이트폼 제조

[0070] 폴리비닐알코올 6g을 1M NaOH 수용액 27g에 혼합한 후 140℃에서 10분 동안 교반하여 하이드로겔 용액을 제조하였다.

[0071] 이러한 하이드로겔 용액에 아크릴산(AAc) 7.88g, 가교제로서 글루타르알데히드 0.53g, 에틸렌글리콜디메타크릴레이트 0.788g를 혼합하였으며, 개시제로서 과황화칼륨 0.01g과 분산제로서 카복시메틸셀룰로오스 0.6g를 혼합한 후 25℃에서 1시간 교반하였다.

[0072] 이후, 안정화된 탄소 전구체(Pyrolyzed fuel oil(PFO), GS 칼텍스) 3.2g, 탄소 나노튜브(CM-350, 한화케미칼) 0.01g을 상기 혼합 용액에 추가 혼합한 후 제조된 혼합 용액을 알루미늄 컵(87×61×57mm)에 수용시키고 25℃에서 1시간 동안 교반시켰다.

[0073] 이후, 탄소 전구체가 포함된 하이드로겔 용액을 60℃에서 9시간 동안 경화시킨 후, 경화된 하이드로겔을 140℃에서 13시간 동안 건조시켰다. 이후, 5℃/min의 속도로 승온시켜 1,050℃에서 1시간 동안 탄화반응을 진행한 후 5℃/min의 속도로 승온시켜 2,800℃에서 1시간 동안 흑연화 반응을 진행하였다.

[0074] 비교예 1

[0075] 실시예 1에서 탄소 전구체를 14g 첨가하고 탄소나노튜브를 첨가하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 그래파이트 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 1로 하였다.

[0076] 비교예 2

[0077] 실시예 1에서 탄소 전구체를 20g 첨가하고 탄소나노튜브를 첨가하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 그래파이트 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 2로 하였다.

[0078] 비교예 3

[0079] 실시예 1에서 탄소 전구체를 26g 첨가하고 탄소나노튜브를 첨가하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 그래파이트 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 3으로 하였다.

- [0080] 비교예 4
- [0081] 실시예 1에서 탄소 전구체를 32g 첨가하고 탄소나노튜브를 첨가하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 그래파이트 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 4로 하였다.
- [0082] 비교예 5
- [0083] 상기 실시예 1과 비교예 1의 열안정성 및 결정구조를 비교하기 위해, 비교예 1에서 흑연화 반응을 생략한 것을 제외하고는 비교예 1과 동일한 방법으로 탄소 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 5로 하였다.
- [0084] 비교예 6
- [0085] 상기 실시예 1과 비교예 2의 열안정성 및 결정구조를 비교하기 위해, 비교예 2에서 흑연화 반응을 생략한 것을 제외하고는 비교예 2와 동일한 방법으로 탄소 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 6으로 하였다.
- [0086] 비교예 7
- [0087] 상기 실시예 1과 비교예 3의 열안정성 및 결정구조를 비교하기 위해, 비교예 3에서 흑연화 반응을 생략한 것을 제외하고는 비교예 3과 동일한 방법으로 탄소 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 7로 하였다.
- [0088] 비교예 8
- [0089] 상기 실시예 1과 비교예 4의 열안정성 및 결정구조를 비교하기 위해, 비교예 4에서 흑연화 반응을 생략한 것을 제외하고는 비교예 4와 동일한 방법으로 탄소 폼을 제조하였으며, 이를 비교예 8로 하였다.
- [0090] 탄소 및 그래파이트 폼의 구조물의 표면분석
- [0091] 상기 실시예 1 및 비교예 1 내지 8에 대한 탄소 및 그래파이트 폼의 구조물의 표면분석을 field-emission scanning electron microscope(FE-SEM, Hitachi, S-5500)을 이용하여 분석하였다.
- [0092] 도 3은 본 발명의 실시예 1을 통해 제조된 그래파이트 폼의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.
- [0093] 도 3의 좌측 이미지를 살펴보면 그래파이트 폼 표면에 일정 크기 이상의 공극이 형성됨을 확인할 수 있었으며, 이러한 공극은 대략 $0.40 \pm 0.10\text{mm}$ 의 지름 크기를 갖는 것을 확인하였다. 또한 도 3의 우측 이미지를 살펴보면 그래파이트 폼 표면에 탄소나노튜브가 첨가되어 있음을 확인할 수 있었다. 앞서 설명한 바와 같이 탄소나노튜브를 첨가할 경우 탄소나노튜브가 열수축을 감소시킴에 따라 탄소나노튜브가 포함된 그래파이트 폼의 공극의 크기가 일정 이상의 사이즈로 형성됨을 확인할 수 있었다.
- [0094] 도 4는 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4를 통해 제조된 그래파이트 폼 구조물의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.
- [0095] 도 4를 살펴보면, 하이드로겔 용액에 포함된 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 그래파이트 폼 표면에 형성되는 공극의 크기가 비교예 1 내지 비교예 4의 순서로 대략 $0.50 \pm 0.10\text{mm}$, $0.40 \pm 0.20\text{mm}$, $0.30 \pm 0.10\text{mm}$, $0.15 \pm 0.10\text{mm}$ 로 감소하는 것을 확인하였다.
- [0096] 부연하자면, 비교예 1 내지 비교예 4의 경우, 하이드로겔의 경화 및 열처리단계에서 가해지는 압력이 증가함에 따라 그래파이트 폼에 형성되는 공극의 크기가 실시예 1과 비교하여 동일 수준이거나 그보다 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 탄소나노튜브가 첨가되지 않음으로 인해 고온의 열처리 과정에서 수축이 일어나면서 공극의 크기가 감소하는 것으로 확인된다.
- [0097] 도 5는 본 발명의 비교예 5 내지 비교예 8을 통해 제조된 그래파이트 폼 구조물의 표면을 분석한 SEM 이미지이다.

- [0098] 도 5를 살펴보면, 하이드로겔 용액에 포함된 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 그래파이트 폼 표면에 형성되는 공극의 크기가 비교예 5 내지 비교예 8의 순서로 대략 $0.60 \pm 0.20\text{mm}$, $0.40 \pm 0.0\text{mm}$, $0.30 \pm 0.10\text{mm}$, $0.13 \pm 0.07\text{mm}$ 로 감소하는 것을 확인하였다.
- [0099] 부연하자면, 비교예 5 내지 비교예 8의 경우, 하이드로겔의 경화 및 열처리단계에서 가해지는 압력이 증가함에 따라 그래파이트 폼에 형성되는 공극의 크기가 일부 실시예 1과 비교하여 동일 수준이거나 그보다 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 탄소나노튜브가 첨가되지 않음으로 인해 고온의 열처리 과정에서 수축이 일어나면서 공극의 크기가 감소하는 것으로 확인된다.
- [0100] 탄소 및 그래파이트 폼의 열안정성 분석
- [0101] 상기 실시예 1 및 비교예 1 내지 8에 대한 탄소 및 그래파이트 폼의 구조물의 열안정성(thermal gravimetry)을 thermal gravimetric analysis(TGA), Mettler-Toledo 장비를 이용하여 분석하였다. 탄소 및 그래파이트 폼의 열안정성은 시료 0.6mg을 사용하여 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 승온 속도로 $1,000^\circ\text{C}$ 까지 질소 분위기에서 분석하였다.
- [0102] 도 6은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 비교예 4를 통해 제조된 그래파이트 폼의 구조물의 열안정성을 나타낸 그래프이다.
- [0103] 도 6을 살펴보면, 각각의 예를 통해 제조된 그래파이트 폼을 $1,000^\circ\text{C}$ 까지 열처리하여 열안정성을 분석한 결과, 그래파이트 폼의 열에 의한 손실은 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2, 비교예 3, 비교예 4에서 각각 0.91%, 0.25%, 0.25%, 0.25%, 0.00%로 나타났으며, 이에 따라 매우 적은 양의 열손실율이 발생하는 것을 확인하였다. 또한, 비교예 4는 열손실율이 없는 것을 통해 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 그래파이트 폼의 경화 및 열처리 단계에서 압력이 증가하여 결합 세기가 증가하여 열안정성이 매우 높은 것을 확인하였다.
- [0104] 도 7은 본 발명의 비교예 5 내지 비교예 8을 통해 제조된 그래파이트 폼의 구조물의 열안정성을 나타낸 그래프이다.
- [0105] 도 7을 살펴보면, 열에 의한 손실은 비교예 5, 비교예 6, 비교예 7, 비교예 8에서 각각 9.71%, 10.01%, 19.37%, 33.35%가 나타났으며, 상대적으로 열손실율이 높은 것을 확인하였으며, 그래파이트 폼의 열손실율과 반대로 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 탄소 전구체의 열손실율이 점점 증가하는 것을 확인하였다. 이는 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 공극의 크기가 감소하고 결합 세기가 증가하지만 열처리과정에서 완전한 열처리가 진행되지 않아 열손실율이 증가하는 것을 확인하였다. 이를 통해 $2,800^\circ\text{C}$ 이상의 고온처리를 통한 그래파이트 폼의 제조가 열손실율을 감소하여 열안정성을 높이는데 필요한 방법임을 확인할 수 있었다.
- [0106] 탄소 및 그래파이트 폼의 결정구조 분석
- [0107] 상기 실시예 1 및 비교예 1 내지 8에 대한 탄소 및 그래파이트 폼의 결정구조를 X-ray diffraction, XRD (Bruker AXS, D8 DISCOVER)을 통해 분석하였다.
- [0108] 도 8은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 비교예 8의 그래파이트 폼의 구조물의 결정구조를 분석한 그래프이다.
- [0109] 도 8은 그래파이트 폼의 결정구조를 분석한 것으로 실시예 1, 비교예 1 내지 비교예 4의 경우, 26° 에서 그래파이트 결정 피크가 나타나는 것을 확인하였다. 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 결정구조가 증가함에 따라 피크의 세기가 점차적으로 증가하는 것을 확인하였으며, 탄소나노튜브가 첨가된 실시예 1은 결정구조의 피크가 감소하는 것을 통해 탄소나노튜브 첨가에 따라 그래파이트 폼의 결정성이 감소하며, 공극의 크기가 증가하는 것을 확인하였다.
- [0110] 또한, 비교예 5 내지 비교예 8을 살펴보면, 24° 에서 탄소 결정피크가 나타나는 것을 확인하였다. 그래파이트 폼과 반대로 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 결정구조의 피크가 감소하는 것을 통해 열처리반응이 부족하여 결정구조를 완전히 이루지 못한 탄소들이 존재하며, SEM 분석에서 탄소 전구체의 함량이 증가할수록 공극의 크기는 감소하였지만, 부족한 열처리반응에 의해 결정구조를 이루지 못한 탄소물질이 증가하여 XRD에서 펫치파우더의 함량이 증가할수록 결정구조의 피크가 감소하는 것을 확인하였다.

[0111] 탄소 및 그래파이트 폼의 압축강도 및 열전도성

[0112] 탄소 및 그래파이트 폼의 압축강도는 마이크로재료시험기(Micro Material Tester)를 이용하여 측정하였다. 시료의 크기는 $3 \times 3 \times 10\text{mm}$ 사이즈로 제조한 후 5번 반복실험을 진행하였다. 아래의 표 1을 참조하면, 실시예 1, 비교예 1 내지 비교예 4의 그래파이트 폼의 압축강도는 탄소 전구체 함유량이 증가할수록 높아지며, 비교예 5 내지 비교예 8의 탄소 폼의 압축강도보다 증가하는 것을 확인할 수 있다. 탄소나노튜브를 첨가한 실시예 1의 그래파이트 폼은 가장 높은 압축강도 값을 가지며, 이는 탄소나노튜브가 높은 기계적 강도 값을 가짐에 따라 그래파이트 폼에 첨가되었을 때 높은 압축강도 값을 가지는 것을 확인하였다.

[0113] 탄소 및 그래파이트 폼의 열전도성은 열전도도 측정기(LFA 447 Nanoflash)를 사용하여 측정하였으며, 시료의 크기는 $12.5 \times 12.5 \times 3\text{mm}$ 사이즈로 제조한 후 실온에서 3번 반복실험을 진행하였다. 아래의 표 1을 참조하면 열전도성은 $2,800^{\circ}\text{C}$ 이상에서의 열처리를 통하여 결정성이 향상된 그래파이트 폼이 탄소 폼과 비교하였을 때 높은 값을 가지는 것을 확인하였다. 또한, 열전도성이 높은 탄소나노튜브를 첨가한 실시예 1의 그래파이트 폼에서 가장 높은 열전도성 값을 가지는 것을 확인하였다.

표 1

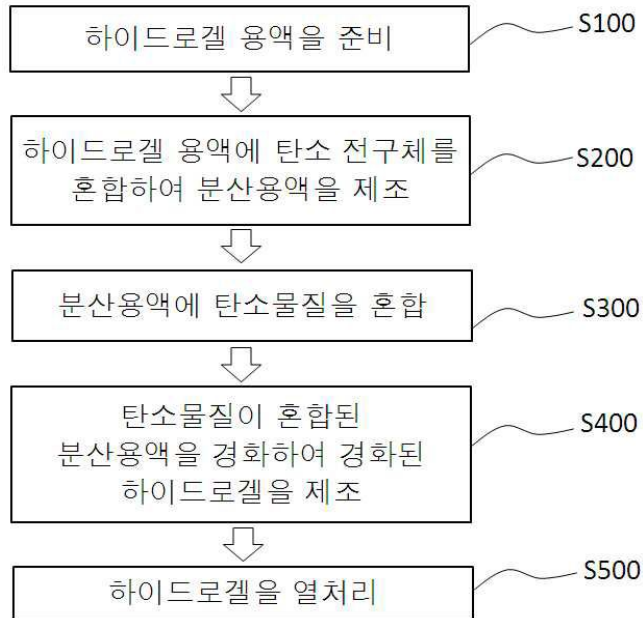
[0114] 탄소 및 그래파이트 폼의 압축강도 및 열전도성

구분	압축강도(MPa)	열전도성(W/m·k)
실시예 1	12.17 ± 1.00	20.52 ± 0.016
비교예 1	1.48 ± 1.00	12.52 ± 0.006
비교예 2	1.38 ± 1.00	12.78 ± 0.006
비교예 3	8.05 ± 1.00	13.24 ± 0.003
비교예 4	10.17 ± 1.00	16.22 ± 0.006
비교예 5	1.26 ± 1.00	2.53 ± 0.006
비교예 6	1.38 ± 1.00	1.79 ± 0.009
비교예 7	7.16 ± 1.00	2.27 ± 0.003
비교예 8	8.04 ± 1.00	2.20 ± 0.003

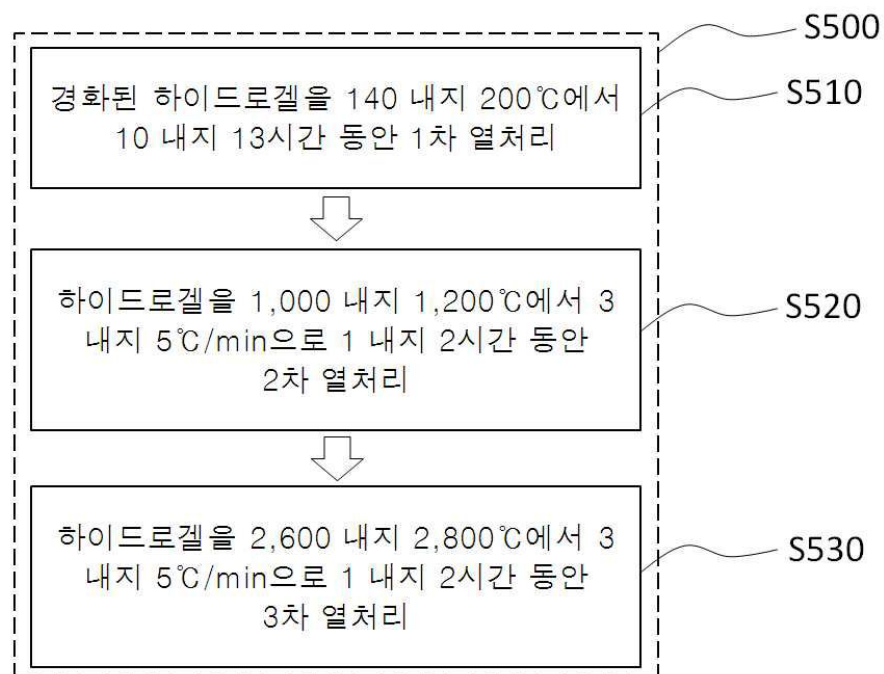
[0115] 본 발명을 첨부 도면과 기술된 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 그에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 후술되는 특허청구범위의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 변형 및 수정할 수 있다.

도면

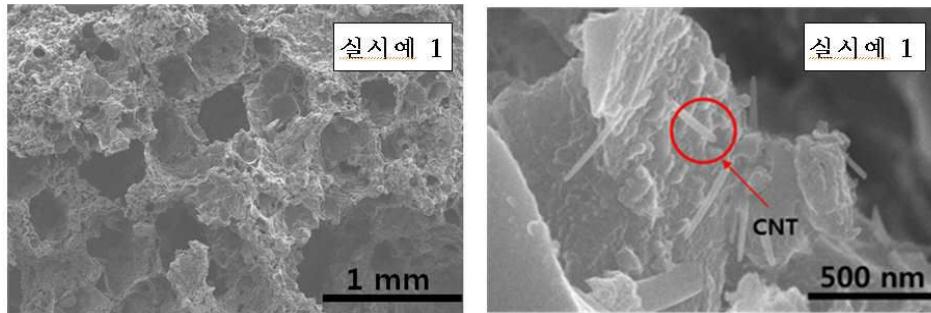
도면1



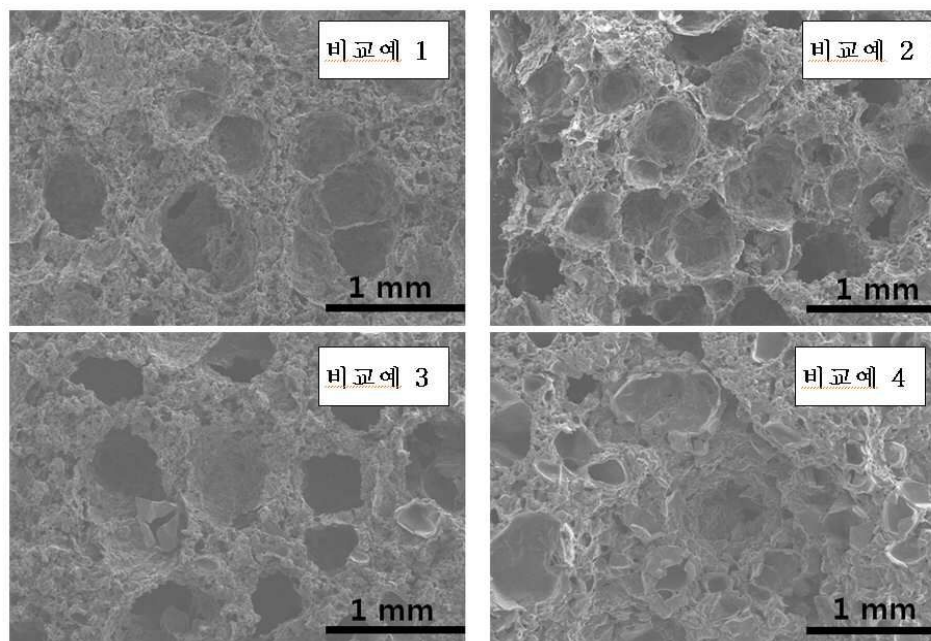
도면2



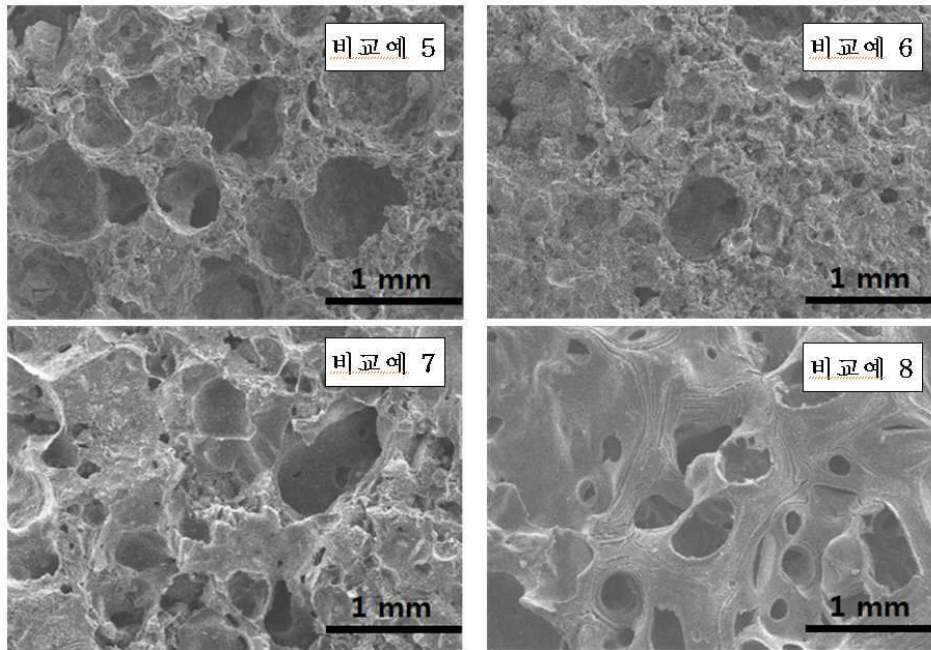
도면3



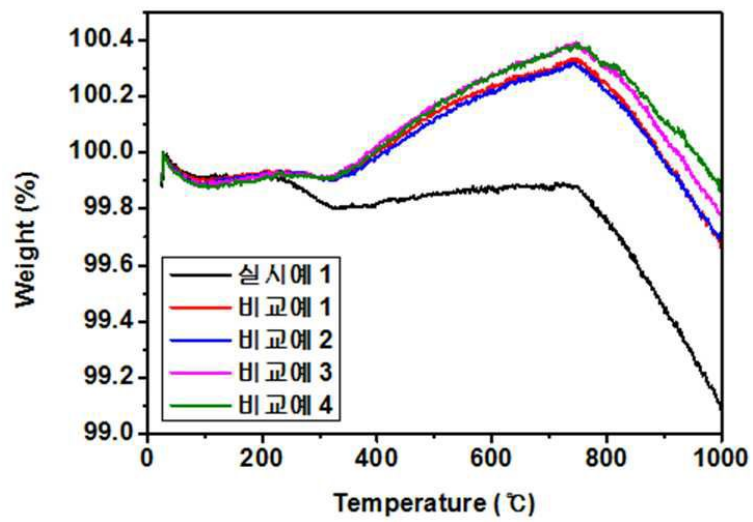
도면4



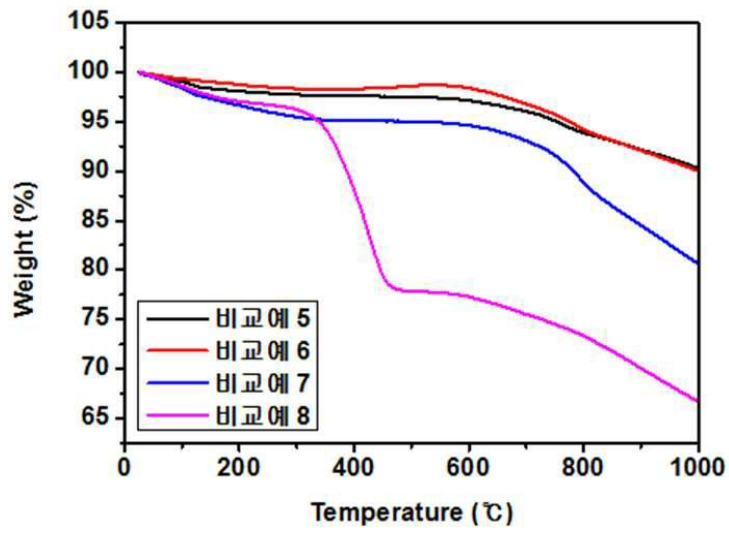
도면5



도면6



도면7



도면8

