



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년01월08일  
(11) 등록번호 10-1219721  
(24) 등록일자 2013년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*DOI F 9/12* (2006.01) *DOI F 9/127* (2006.01)  
*DOI F 9/14* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-0131843  
 (22) 출원일자 2010년12월21일  
 심사청구일자 2010년12월21일  
 (65) 공개번호 10-2012-0070327  
 (43) 공개일자 2012년06월29일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2002013031 A  
 JP2001316976 A  
 JP2009533562 A  
 US20050008561 A1

(73) 특허권자  
 한국에너지기술연구원  
 대전 유성구 장동 71-2  
 (72) 발명자  
 김성수  
 대전광역시 유성구 가정로 63, 101동 405호 (신성동, 럭키하나아파트)  
 주선하  
 서울특별시 성동구 무학봉15길 5 (하왕십리동)  
 (74) 대리인  
 특허법인 웰-엘엔케이

전체 청구항 수 : 총 8 항

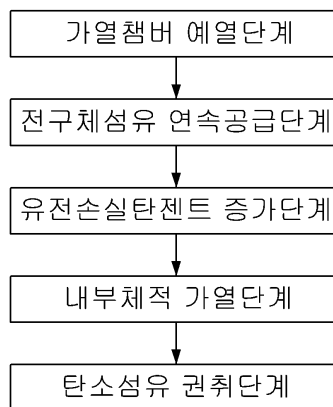
심사관 : 최봉돈

(54) 발명의 명칭 **연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 탄소섬유 생산공정에서 에너지 소모가 가장 큰 탄화 흑연화 과정에 마이크로파 가열과 마이크로파 플라즈마 가열방법을 도입하여 하이브리드 가열이 이루어지도록 하고, 상기 하이브리드 가열이 이루어지는 열분해챔버를 다수 직렬연결하고 전구체섬유를 연속적으로 공급하여 전구체섬유가 이동하면서 열처리되어 최종적으로 탄화 및 흑연화가 완료된 탄소섬유를 연속적 제조하는 등 열처리과정에서의 열효율을 증대시키고 생산시간 및 비용을 절감할 수 있는 탄소섬유 제조방법에 관한 것이다.

**대표도** - 도1



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

무산소 또는 환원 분위기의 가열챔버를 이용하여 안정화된 전구체 섬유를 가열하는 탄화과정과 흑연화과정을 포함하는 탄소섬유제조방법에 있어서,

상기 탄화과정과 흑연화과정은,

외부에서 가열하는 외부가열과 챔버 내부에 발생시킨 마이크로파 플라즈마의 복사열로 가열하는 마이크로파 플라즈마가열이 혼합하여 이루어지는 면적가열챔버와, 마이크로파 조사에 의해 내부체적을 직접 가열하는 체적가열챔버를 직렬 연결하여 예열시키는 가열챔버 예열단계와;

상기 면적가열챔버로 전구체섬유를 연속공급하는 전구체섬유 연속공급단계와;

상기 연속공급된 전구체섬유가 면적가열챔버를 통과하면서 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열에 의해 전구체섬유의 유전손실탄젠트를 증가시키는 유전손실탄젠트 증가단계와;

상기 유전손실탄젠트가 증가된 섬유가 체적가열챔버를 통과하면서 마이크로파를 조사받아 내부체적을 직접 가열하여 탄화 또는 흑연화가 이루어지는 내부체적 가열단계와;

상기 내부체적가열이 완료되어 연속 배출되는 탄소섬유를 권취하는 탄소섬유 권취단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 면적가열챔버는 다수개를 직렬구성하여 유전손실탄젠트 증가가 다단에 의해 진행됨을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 면적가열챔버의 면적가열과 체적가열챔버의 체적가열은 하나의 혼합가열챔버에서 이루어지도록 하고, 상기 혼합가열챔버를 다수개 직렬 연결하여 유전손실탄젠트 증가단계와 탄화 및 흑연화가 이루어지는 체적가열단계가 반복되어 수행되도록 한 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 전구체섬유는 레이온(rayon) 계열, 피치(pitch) 계열, 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile) 계열, 셀룰로오스(cellulose) 계열을 포함하는 유기성 섬유 중 하나인 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 마이크로파 플라즈마는 질소, 아르곤, 헬륨, 수소를 포함하는 가스 중 어느 하나 또는 이들의 혼합가스를 플라즈마생성가스로 하고, 이에 마이크로파를 가하여 생성되는 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 플라즈마를 발생시키는 마이크로파는 0.1 KHz 내지 350 GHz 주파수로 탄소섬유 1g당 0.1 W 내지 1000 W 로

출력하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 마이크로파는 0.1 KHz 내지 350 GHz 주파수로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 마이크로파는 탄소섬유 1g당 0.1 W 내지 1000 W 로 출력되는 것을 특징으로 하는 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 탄소섬유 생산공정에서 에너지 소모가 가장 큰 탄화 흑연화 과정에 마이크로파 가열과 마이크로파 플라즈마 가열방법을 도입하여 하이브리드 가열이 이루어지도록 하고, 상기 하이브리드 가열이 이루어지는 열분해챔버를 다수 직렬연결하고 전구체섬유를 연속적으로 공급하여 전구체섬유가 이동하면서 열처리되어 최종적으로 탄화 및 흑연화가 완료된 탄소섬유를 연속적 제조하는 등 열처리과정에서의 열효율을 증대시키고 생산시간 및 비용을 절감할 수 있는 탄소섬유 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 탄소섬유는 비강도(밀도당 인장강도) 및 비탄성율(밀도당 영율) 등의 기계적 물성이 매우 우수하기 때문에 첨단 복합재료의 강화제로 가장 널리 사용되고 있다. 이러한 탄소섬유 용도로는 항공기, 자동차 등의 구조재료나, 낚시대, 골프채 샤프트 등의 스포츠레저용품 등에서 많이 사용되고 있으며, 점진적으로 사용분야가 확대되고 있다.

[0003] 이러한 탄소섬유는 유기섬유나 수지, 피치 등의 유기원료로 방사한 섬유를 탄화 후 다시 3000℃ 이상에서 열처리하여 얻어진 비흑연질 탄소로 이루어진 필라멘트를 지칭하는 말로서, 출발물질에 따라 크게 레이온(재생 셀룰로오스)인 레이온계, 석탄·석유피치인 피치계, 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN)인 PAN계 탄소섬유로 구분되지만 피치계와 PAN계 탄소섬유가 주종을 이루고 있다.

[0004] 상기 탄소섬유의 일반적인 제조과정은 섬유형태의 유기 전구체물질(precursor material)을 불활성분위기에서 열분해하여 제조하는 것이다.

[0005] 또한 상기 열분해가 이루어지도록 하는 열처리 공정은 공기 분위기에서 약 200~300℃로 열처리하는 안정화과정과, 안정화된 섬유를 다시 질소나 아르곤가스 등의 불활성기체 분위기에서 약 1200~2500℃의 온도로 열처리하는 탄화과정 및 2500℃ 이상의 온도로 열처리하는 흑연화과정으로 분류될 수 있다.

[0006] 상기 탄화과정 및 흑연화과정을 개략적으로 살펴보면 열분해로에 안정화된 섬유를 감은 권취롤을 안치하고, 이에 열을 가함으로써 고온조건에서 열분해가 이루어져 섬유의 탄화 또는 흑연화가 이루어지는 것이다.

[0007] 여기서 상기 열을 가하는 방식으로는 외부로부터 열분해로에 열을 가해 대상섬유를 간접 가열하는 재래식 외부 가열방식이 있다. 상기 재래식 외부가열방식은 열분해로의 벽면을 먼저 가열하고 가열된 벽면열로 내부 권취롤에 감긴 섬유를 가열하는 것이나, 탄화 또는 흑연화가 이루어지는 온도로 가열하는 초기예열시간이 길고, 간접 전달방식임으로 에너지효율도 낮은 단점이 있다.

[0008] 다른 가열방식으로 마이크로파 가열을 통해 내부체적을 가열하는 방식이 있다. 상기 마이크로파 가열은 대상물질인 섬유에 직접 가열이 이루어짐으로 에너지효율은 향상시킬 수 있으나, 섬유의 마이크로파 흡수능력

(microwve absorbing capacity)에 의하여 그 효율이 가변되고, 유전손실 탄젠트(dielectric loss tangent)가 작은 물질은 가열하기가 어려운 단점이 있다.

- [0009] 또 다른 방식으로는 마이크로파 플라즈마 가열방식을 적용할 수 있다. 상기 마이크로파 플라즈마 가열방식은 짧은 시간에 생성할 수 있는 플라즈마로부터 복사에 의한 면적가열이 이루어지는 것으로, 내부 물질의 유전(dielectric) 특성에 영향을 받지 않는 장점이 있다. 그러나, 마이크로파를 플라즈마로 전환하는 장치가 필요하고, 대상물질의 내부가 가열되지 않으므로 열전도도가 낮고 열팽창 계수가 큰 물질 가열시 물질의 내부와 외부의 큰 온도구배로 인하여 물질에 균열이 발생하는 단점이 있다.
- [0010] 상기 다양한 가열방식으로 수행될 수 있는 탄화과정과 흑연화과정은 탄소섬유의 제조과정에서 가장 긴 제조시간과 생산비용이 소요되어 탄소섬유 제조비용이 증가되는 주요요인으로 작용하고 있다.
- [0011] 또한, 탄소섬유의 생산방식이 전구체섬유를 권취롤에 감아 열분해챔버 내로 투입한 다음 가열하여 탄화 또는 흑연화가 이루어지도록 한 다음 다시 꺼내는 회분식 방식에 의해 이루어짐으로 작업공정이 번거롭고 생산성이 저하된다.
- [0012] 따라서, 상기 기존 가열방식의 단점을 해소하면서 열효율을 증대시키고, 생산성도 향상시켜 탄소섬유 제조비용을 절감할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0013] 이에 본 발명의 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법은,
- [0014] 탄소섬유 생산과정에서 에너지 소모가 가장 많은 탄화과정 및 흑연화 과정에서의 가열방식으로 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열 및 마이크로파 가열을 도입하여 하이브리드 가열이 이루어지도록 하되, 상기 하이브리드 가열이 이루어지는 챔버를 다수 직렬 연결하고, 직렬연결된 다수의 챔버 일측으로 전구체섬유를 연속공급하여 상기 전구체섬유가 각 챔버를 연속적으로 이동하면서 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열 및 마이크로파 가열이 이루어져 최종적으로는 탄화 및 흑연화가 이루어진 탄소섬유를 연속 수취하는 등 가열시간을 단축으로 열효율을 극대화하면서 연속적인 탄소섬유생산이 가능하도록 하는 탄소섬유 생산방법의 제공을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0015] 상기 과제를 해소하기 위한 본 발명의 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법은,
- [0016] 무산소 또는 환원 분위기의 가열챔버를 이용하여 안정화된 전구체 섬유를 가열하는 탄화과정과 흑연화과정을 포함하는 탄소섬유제조방법에 있어서, 상기 탄화과정과 흑연화과정은, 외부에서 가열하는 외부가열과 챔버 내부에 발생시킨 마이크로파 플라즈마의 복사열로 가열하는 마이크로파 플라즈마가열이 혼합하여 이루어지는 면적가열 챔버와, 마이크로파 조사에 의해 내부체적을 직접 가열하는 체적가열챔버를 직렬 연결하여 예열시키는 가열챔버 예열단계와; 상기 면적가열챔버로 전구체섬유를 연속공급하는 전구체섬유 연속공급단계와; 상기 연속공급된 전구체섬유가 면적가열챔버를 통과하면서 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열에 의해 전구체섬유의 유전손실탄젠트를 증가시키는 유전손실탄젠트 증가단계와; 상기 유전손실탄젠트가 증가된 섬유가 체적가열챔버를 통과하면서 마이크로파를 조사받아 내부체적을 직접 가열하여 탄화 또는 흑연화가 이루어지는 내부체적 가열단계와; 상기 내부체적가열이 완료되어 연속 배출되는 탄소섬유를 권취하는 탄소섬유 권취단계;를 포함하여 이루어진다.

**발명의 효과**

- [0017] 이상에서 상세히 기술한 바와 같이 본 발명의 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법은,
- [0018] 탄소섬유 생산과정에서 에너지 소모가 가장 많은 탄화과정 및 흑연화 과정에서 가열방식으로 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열 및 마이크로파 가열을 도입하여, 하이브리드 가열이 이루어지도록 하였다.
- [0019] 또한, 상기 하이브리드가열이 이루어지는 챔버를 다수 직렬연결하고 상기 챔버의 일측으로 전구체섬유를 연속공

급함으로써 공급된 전구체섬유가 각 챔버를 순차적으로 통과하면서 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열 및 마이크로파 가열이 이루어져 최종적으로는 탄화 및 흑연화가 이루어진 탄소섬유의 연속 수취가 가능하게 하는 등 가열시간을 단축시켜 에너지효율을 극대화하면서 연속공정에 의해 생산성을 향상시킨 유용한 방법의 제공이 가능하게 되었다.

**도면의 간단한 설명**

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 연속식 하이브리드 탄소섬유의 탄화 흑연화과정을 도시한 블록도이다.
- 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시예에 따른 가열챔버를 도시한 개략도이다.
- 도 3과 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 연속식 탄소섬유 제조장치를 도시한 구성도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0021] 이하에서는 본 발명을 첨부된 도면과 함께 상세히 설명하기로 한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 연속식 하이브리드 탄소섬유의 탄화 흑연화과정을 도시한 블록도이고, 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시예에 따른 가열챔버를 도시한 개략도이고, 도 3과 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 연속식 탄소섬유 제조장치를 도시한 구성도이다.
- [0023] 도시된 바와같이 본 발명에 따른 연속식 하이브리드 탄소섬유 제조방법은 안정화된 전구체섬유를 무산소 또는 환원 분위기를 갖는 가열챔버에서 탄화과정 또는 흑연화과정을 통해 탄소섬유(본 발명에서는 탄소섬유와 흑연섬유를 총칭하여 탄소섬유라 함)를 제조한다.
- [0024] 상기 탄화과정은 1200~2500℃의 온도로 열처리하는 과정이고, 흑연화과정은 2500℃ 이상의 온도로 열처리하는 과정이다. 상기 탄화과정을 통해 수취한 탄소섬유는 전구체섬유 중량 대비 약 50%의 중량을 갖는다. 또한, 흑연화과정을 통해 탄소섬유의 인장탄성계수를 증가시키게 된다.
- [0025] 참고로 본 발명에서 사용되는 가열챔버는 가열방식에 의해 면적가열챔버(30)와 체적가열챔버(40)로 구성되거나, 면적가열챔버와 체적가열챔버가 하나로 통합된 혼합가열챔버(50)를 다수 직렬연결하여 구성된다.
- [0026] 상기 면적가열챔버(30)는 도 2a에 도시된 바와같이 외부에 화석연료를 이용한 직접 가열 또는 전열에 의한 가열이 이루어지는 외부가열수단이 형성되어 면적가열챔버의 외벽면을 가열하여 가열된 벽면을 통해 내부에 열전달이 이루어지는 것이다. 또한, 상기 면적가열챔버 내부 일측에는 마이크로파를 생성하고 생성된 마이크로파의 밀도를 높여 전달하는 도파관(31)이 연결되고, 상기 도파관의 마이크로파가 고밀도로 집결되는 부분에는 가스공급관(33)에 의해 플라즈마형성가스가 통과되도록 하여 마이크로파 조사에 의한 플라즈마(32)가 형성되도록 한다.
- [0027] 또한, 상기 체적가열챔버(40)는 도 2b에 도시된 바와같이 내면 일측에 마그네트론(41)이 설치되어 내부를 통과하는 전구체섬유에 직접 마이크로파를 조사하도록 한다.
- [0028] 아울러 상기 혼합가열챔버(50)는 도 2c에 도시된 바와같이 하나의 챔버에 면적가열챔버에 구성된 외부가열수단과 마이크로플라즈마 형성수단인 도파관(31) 및 체적가열챔버의 마그네트론(41)이 모두 설치되어 외부가열과 마이크로플라즈마가열 및 마이크로파 조사가 함께 이루어지는 챔버이다.
- [0029] 본 발명의 무산소 또는 환원 분위기의 가열챔버를 이용하여 안정화된 전구체섬유를 가열하여 탄소섬유를 제조하는 방법에서 전구체섬유를 가열하는 탄화과정과 흑연화과정은,
- [0030] 도 1과 도 3을 참조한 바와같이 가열챔버 예열단계가 수행된다. 상기 가열챔버 예열단계에서는 면적가열챔버(30)와 체적가열챔버(40)를 직렬연결하고 이를 예열시키는 단계이다.
- [0031] 여기서 상기 각 챔버는 면적가열챔버를 다수 직렬연결하고 끝으로 체적가열챔버를 설치하거나, 도 4에 도시된 바와같이 혼합가열챔버(50)를 다수 직렬연결하는 구조 또는 미도시되었지만 다수의 면적가열챔버와 다수의 체적가열챔버를 직렬배열하는 형태로 설치될 수 있다.
- [0032] 상기한 바와같이 배열한 다음 면적가열챔버(30)를 외부가열하여 챔버 벽면을 통해 내부온도를 상승시킴과 동시에 플라즈마형성가스를 공급하여 플라즈마가 형성되도록 하며, 마그네트론(41)이 설치된 체적가열챔버(40)는 챔

버 내부에 마이크로파를 조사하도록 한다.

- [0033] 다음으로는 전구체섬유 연속공급단계가 수행된다. 상기 전구체섬유는 공급롤(20) 또는 기타 공급수단에 의해 다수가 직렬연결된 면적가열챔버(30)로 연속공급되는 단계로 일정한 속도로 끊임없이 전구체섬유를 공급한다.
- [0034] 상기 전구체섬유는 레이온(rayon) 계열, 피치(pitch) 계열, 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile) 계열, 셀룰로오스(cellulose) 계열을 포함하는 유기성 섬유 중 최소한 하나를 사용한다.
- [0035] 상기 연속공급된 전구체섬유는 면적가열챔버(30)를 통과하면서 유전손실탄젠트 증가단계가 수행된다. 본 단계에서는 외부가열과 마이크로파 플라즈마 가열이 순차적 또는 동시에 복합적으로 적용되어 열분해를 통해 전구체섬유의 조직이 탄화되어 마이크로파 흡수능이 증가하며 유전손실 탄젠트(dielectric loss tangent)가 증가된다. 탄화물이 마이크로파를 흡수하여 열에너지로 전환, 즉 발열하는 현상은 Maxwell-Wagner 효과에 의하여 설명된다. 여기서 상기 마이크로파 플라즈마는 질소, 아르곤, 헬륨, 수소 등의 가스 또는 이들의 혼합가스를 플라즈마생성가스로 하고, 이에 마이크로파를 가하여 생성된다. 그리고 상기 마이크로파플라즈마 형성을 위해 가해지는 마이크로파는 0.1 KHz 내지 350 GHz 주파수를 갖도록 하고, 탄소섬유 1g당 0.1 W 내지 1000 W 로 출력한다.
- [0036] 또한, 도 3에 도시된 바와같이 면적가열챔버(30) 전부에서 가열방식과 마이크로파 플라즈마 가열방식 모두가 적용되는 것 이외에 전구체섬유가 처음 도입되는 면적가열챔버는 가열방식만 채용되도록 하여 외부가열이 먼저 적용되도록 할 수 있다. 이는 마이크로파 플라즈마의 복사열이 고온이기 때문에 가열대상인 전구체 섬유의 외면만 순식간에 가열하고 내부는 가열이 이루어지지 않아 내부와 외부의 큰 온도구배에 의해 물질의 균열이 발생할 수 있기 때문이다. 따라서, 외부가열에 의해 미리 전구체섬유의 내부온도를 상승시킨 다음 플라즈마 복사열에 의한 가열을 수행하여 전구체섬유의 내외부 온도구배를 최소화하여 균열발생을 차단하면서 전구체섬유의 유전손실탄젠트를 증가시킬 수 있다.
- [0037] 상기 유전손실탄젠트가 증가된 섬유는 체적가열챔버(40)를 통과하면서 내부체적가열단계가 수행된다. 본 단계에서는 섬유에 마이크로파를 조사하여 내부체적에 대해 직접 고온으로 가열하여 탄화 및/또는 흑연화가 이루어지도록 한다. 여기서 상기 조사되는 마이크로파도 0.1 KHz 내지 350 GHz 주파수를 갖도록 하고, 탄소섬유 1g당 0.1 W 내지 1000 W 로 출력된다. 이 때 상기 마이크로파를 조사받는 전구체섬유는 유전손실탄젠트가 증가됨으로 조사된 마이크로파의 흡수율도 증가되어 체적가열 효율이 증가된다.
- [0038] 또한, 상기 내부체적가열단계에서의 가열온도가 1200~2500℃로 이루어질 경우 전구체섬유는 탄화과정이 이루어져 탄소섬유가 제조되고, 가열온도를 2500℃ 이상으로 조성할 경우 흑연화과정에 의해 흑연섬유가 수취된다. 물론 전구체섬유를 탄화과정을 통해 탄소섬유를 제조한 다음 제조된 탄소섬유에 다시 열을 가하여 흑연화과정이 이루어지게 하여 흑연섬유가 제조되도록 할 수 있다.
- [0039] 아울러 상기 챔버구조 이외에 도 4에 도시된 바와같이 면적가열챔버와 체적가열챔버 기능이 하나로 합쳐진 혼합가열챔버(50)를 다수 직렬연결하여 혼합가열챔버 내에서의 전구체섬유 이동거리를 증가시켜 장시간 외부가열과 플라즈마가열 및 마이크로파조사 받아 탄화 및/또는 흑연화에 의한 탄소섬유 제조가 이루어지도록 할 수 있다.
- [0040] 마지막으로 상기 최종 챔버에서 배출된 탄소섬유를 권취하는 탄소섬유 권취단계가 수행된다. 상기 권취단계에서는 공급롤(20)에서 공급된 전구체섬유가 직렬배열된 각 면적가열챔버 및 체적가열챔버를 순차적으로 통과하면서 탄화 및 흑연화에 의한 탄소섬유를 변화되고 최종 챔버에서 연속배출되는 탄소섬유를 권취롤(60)에 감아 수취하는 단계이다.
- [0041] 또한, 상기 공급롤(20)에서 공급되고 권취롤(60)에 감기는 전구체섬유 또는 탄소섬유는 두 롤사이를 긴장되게 형성하여 처짐없이 직선 이동이 이루어지도록 하는 것이 바람직하며, 필요에 따라서 이동경로에 다수개의 가이드롤을 설치하여 처짐방지가 이루어지도록 할 수 있다.

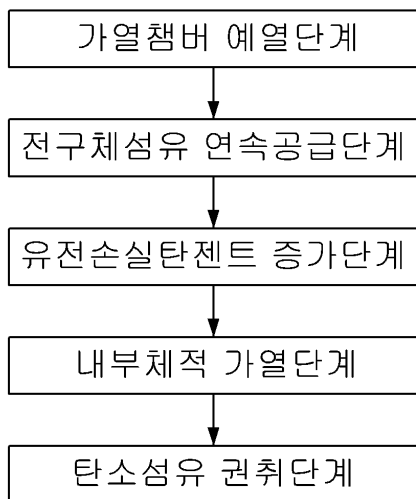
- [0042] 도 3에 도시된 탄소섬유제조장치를 이용한 탄소섬유 제조과정을 설명하면, 탄소섬유제조장치(10)의 공급롤(20)에 감긴 안전화된 전구체섬유를 다수가 직렬연결된 면적가열챔버(30) 중 첫 번째 면적가열챔버로 연속공급한다.
- [0043] 상기 연속공급되는 전구체섬유는 다수의 면적가열챔버를 순차적으로 통과하면서 외부가열와 마이크로파 플라즈마가열을 받아 전구체섬유의 유전손실탄젠트를 점차적으로 증가시킨다.
- [0044] 상기 유전손실탄젠트가 증가된 전구체섬유는 체적가열챔버(40)를 통과하게 된다. 상기 체적가열챔버에서는 마이크로파 조사로 체적에 대한 가열이 이루어져 탄화 또는 흑연화과정에 의해 탄소섬유가 제조된다.
- [0045] 상기 제조된 탄소섬유는 체적가열챔버에서 배출된 다음 권취롤(60)에 연속적으로 감기면서 제조가 완료된다.

**부호의 설명**

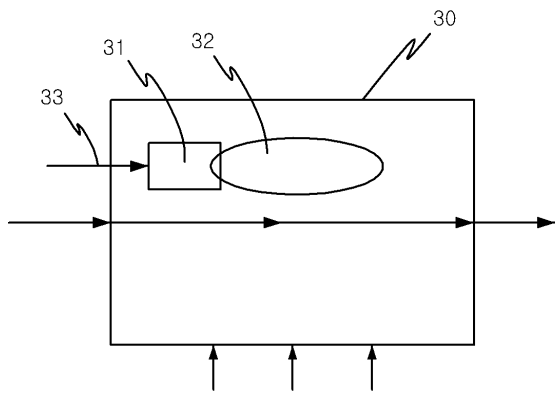
- [0046] 10 : 탄소섬유제조장치
- 20 : 공급롤
- 30 : 면적가열챔버
- 31 : 도파관                      32 : 마이크로파 플라즈마
- 33 : 가스공급관
- 40 : 체적가열장치
- 41 : 마그네트론
- 50 : 혼합가열챔버
- 60 : 권취롤

**도면**

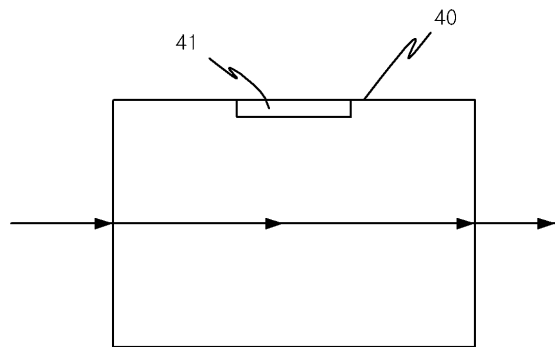
**도면1**



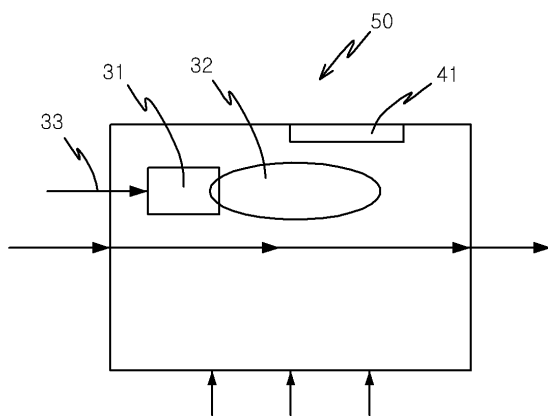
도면2a



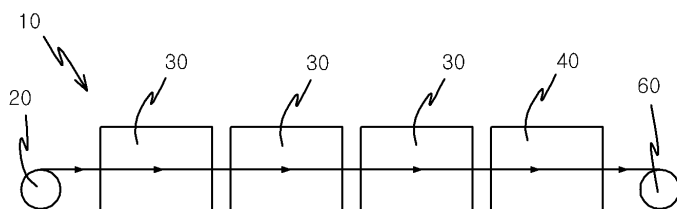
도면2b



도면2c



도면3





도면4

