



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098660  
(43) 공개일자 2008년11월11일

(51) Int. Cl.

*C01B 31/00* (2006.01) *C01B 31/04* (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2008-7022526
- (22) 출원일자 2008년09월12일  
심사청구일자 없음  
번역문제출일자 2008년09월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2007/002629  
국제출원일자 2007년01월31일
- (87) 국제공개번호 WO 2007/094969  
국제공개일자 2007년08월23일
- (30) 우선권주장  
11/353,883 2006년02월14일 미국(US)

(71) 출원인

굿리치 코퍼레이션

미국 노스캐롤라이나 샬럿 웨스트 티볼라 로드  
2730 콜리세움 센터 4 (우편번호 : 28217)

(72) 발명자

링크, 존, 에스.

미국 81001 콜로라도주 푸에블로 카노스티 코트 3  
커크패트릭, 크리스, 티.

미국 81007 콜로라도주 푸에블로 웨스트 텔 라 비  
스타 코트 1215

(74) 대리인

양영준, 양영환

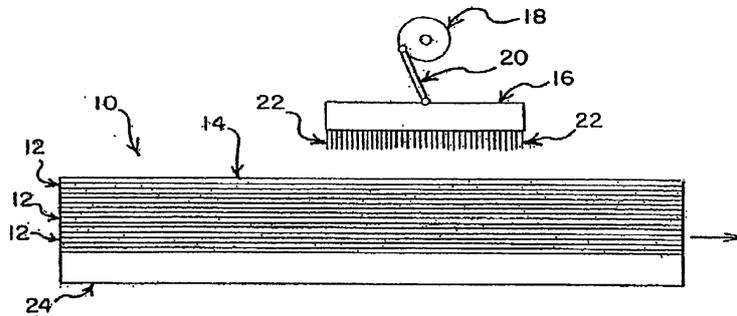
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 탄소-탄소 부품 및 그의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 탄소/탄소 부품 및 탄소/탄소 부품의 제조 방법을 제공한다. 이 방법은 형성 단계, 탄화 단계 및 치밀화 단계를 포함한다. 형성 단계는 섬유상 층에 자입하여 세 방향으로 뺀 섬유들을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 탄화 단계는 압력을 가하여 섬유상 프리폼의 섬유 부피비를 증가시키는 것을 포함할 수 있다. 치밀화 단계는 섬유상 프리폼의 공극을 탄소 기질로 충전하는 것을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

복수의 방향으로 뺀 섬유를 포함하고 관통하여 뺀 세공을 갖는 섬유상 프리폼(preform)을 형성하고, 여기서 프리폼의 형성 후에 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 35% 내지 약 55%인 단계;

상기 섬유상 구조체를 가열하여 상기 섬유를 실질적으로 탄소 섬유로 전환시킴으로써 상기 섬유상 프리폼을 탄화시키고, 상기 탄화 단계 중에 상기 섬유상 프리폼에 압력을 가하여 상기 섬유상 프리폼의 두께를 약 25% 이상 압축함으로써 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비를 증가시키고, 여기서 상기 탄화 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 25% 이상인 단계; 및

상기 세공의 적어도 일부 내에 탄소 기질을 침착시켜 상기 섬유상 프리폼을 치밀화하는 단계를 포함하는, 탄소-탄소 부품의 제조 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 섬유상 프리폼이 OPF로 형성된 것인 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 형성 단계가, 다수의 섬유상 층을 쌓아 적층물(stack)을 형성하고 상기 섬유상 층에 자입(needling)하여 상기 섬유상 층에 대해 수직으로 뺀 z-섬유를 형성하는 것을 포함하고, 상기 압력을 상기 z-섬유의 방향을 따라 가하는 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 적층물 위에 추가적인 섬유상 층을 쌓기 전에 상기 섬유상 층의 일부에 자입하고, 상기 추가적인 섬유상 층을 쌓기 전의 자입이 모든 하접 층을 통과하여 관통하지 않는 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 형성 단계가, 상기 적층물 위에 상기 섬유상 층들을 쌓은 후 상기 섬유상 층들로부터 환형체(annulus)를 절단하고, 상기 섬유상 층에 자입하는 것을 포함하는 방법.

### 청구항 6

제3항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

### 청구항 7

제3항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 내지 약 0.8인 방법.

### 청구항 8

제3항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 35% 내지 약 45% 이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 25% 내지 약 30%인 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

### 청구항 10

제3항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 50% 내지 약 55%이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 28% 내지 약 30%인 방법.

### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.8 이상인 방법.

**청구항 12**

제3항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 40% 내지 약 45%이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 27% 내지 약 30%인 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

**청구항 14**

제3항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 45% 내지 약 50%이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 27% 내지 약 30%인 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 내지 약 0.8인 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서, 상기 탄화 중에 섬유상 프리폼에 압력을 가하는 단계가, 복수의 상기 섬유상 프리폼들을 서로의 위에 쌓아 적층물을 형성하고, 상기 섬유상 프리폼과 상접하는 섬유상 프리폼 사이에 제1 판을 배치하고, 상기 섬유상 프리폼과 하접하는 섬유상 프리폼 사이에 제2 판을 배치하고, 상기 제1 판과 상기 제2 판 사이에 스톱(stop)을 배치하고, 초기에 상기 제1 판과 상기 제2 판 중 하나와 상기 스톱 사이에 갭을 배치하고, 섬유상 프리폼의 적층물 상에 장하중(dead weight)을 배치함으로써 상기 적층물 중 섬유상 프리폼 상에 하향 압력을 가하고, 이때, 상기 섬유상 프리폼이 상기 탄화 중에 상기 갭이 제거되고 상기 스톱이 상기 제1 판 및 상기 제2 판과 접할 때까지 상기 장하중에 의해 압축되는 것을 포함하는 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 장하중이 150 lb 이상인 방법.

**청구항 18**

제1항에 있어서, 상기 탄화 중에 섬유상 프리폼에 압력을 가하는 단계가, 복수의 상기 섬유상 프리폼들을 서로의 위에 쌓아 적층물을 형성하고, 제1 판과 제2 판 사이에 2개 이상의 상기 섬유상 프리폼을 배치하고, 상기 제1 판과 상기 제2 판 사이에 스톱을 배치하고, 초기에 상기 제1 판과 상기 제2 판 중 하나와 상기 스톱 사이에 갭을 배치하고, 상기 섬유상 프리폼의 적층물 상에 장하중을 배치함으로써 상기 적층물 중 섬유상 프리폼 상에 하향 압력을 가하고, 이때, 상기 섬유상 프리폼이 상기 탄화 중 상기 갭이 제거되고 상기 스톱이 상기 제1 판 및 상기 제2 판과 접할 때까지 상기 장하중에 의해 압축되는 것을 포함하는 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서, 상기 장하중이 150 lb 이상인 방법.

**청구항 20**

제1항에 있어서, 상기 섬유상 프리폼이 상기 탄화 단계 중 섬유상 프리폼의 적층물 내 섬유상 프리폼 중의 하나이고, 상기 섬유상 프리폼에 가해지는 압력이 약  $0.50 \text{ lb/in}^2$  이상인 방법.

**청구항 21**

제1항에 있어서, 상기 형성 단계가, 다수의 섬유상 층을 쌓아 적층물을 형성하고, 상기 섬유상 층에 자입하여 상기 섬유상 층에 대해 수직으로 뻗은 z-섬유를 형성하고, 상기 z-섬유의 방향을 따라 압력이 가해지고; 상기 적층물 상에 추가적인 섬유상 층을 쌓기 전에 상기 섬유상 층의 일부에 자입하고, 상기 추가적인 섬유상 층을 쌓기 전의 자입은 모든 하접층을 통과하여 관통하지 않는 것을 포함하고;

상기 섬유상 프리폼에 압력을 가하는 단계가, 복수의 상기 섬유상 프리폼들을 서로의 위에 쌓아 적층물을 형성하고, 상기 섬유상 프리폼과 상접하는 섬유상 프리폼 사이에 제1 판을 배치하고, 상기 섬유상 프리폼과 하접하

는 섬유상 프리폼 사이에 제2 판을 배치하고, 상기 제1 판과 상기 제2 판 사이에 스톱을 배치하고, 초기에 상기 제1 판과 상기 제2 판 중 하나와 상기 스톱 사이에 갭을 배치하고, 섬유상 프리폼의 적층물 상에 장하중을 배치함으로써 상기 적층물 중 섬유상 프리폼 상에 하향 압력을 가하고, 이때, 상기 섬유상 프리폼이 상기 탄화 중 상기 갭이 제거되고 상기 스톱이 상기 제1 판 및 상기 제2 판과 접할 때까지 상기 장하중에 의해 압축되는 것을 포함하는 방법.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 45% 이하이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 27% 이상이며, 상기 치밀화 단계 후 섬유상 프리폼의 상기 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서, 상기 형성 단계가 상기 섬유상 층들을 상기 적층물 위에 쌓은 뒤 섬유상 층으로부터 환형체를 절단하고, 상기 섬유상 층에 자입하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 24**

제1항에 있어서, 상기 섬유상 프리폼이 OPF로 형성되고; 상기 형성 단계가, 다수의 섬유상 층을 쌓아 적층물을 형성하고 상기 섬유상 층에 자입하여, 상기 섬유상 층에 대하여 수직으로 뺀 z-섬유를 형성하고, 상기 압력을 상기 z-방향을 따라 가하는 것을 포함하고; 상기 형성 단계가, 상기 섬유상 층들을 상기 적층물 위에 쌓은 뒤 상기 섬유상 층으로부터 환형체를 절단하고 상기 섬유상 층에 자입하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 25**

제24항에 있어서, 상기 섬유상 프리폼이 상기 탄화 중 섬유상 프리폼의 적층물 내 섬유상 프리폼 중의 하나이고, 상기 섬유상 프리폼에 가해지는 압력이 약  $0.50 \text{ lb/in}^2$  이상인 방법.

**청구항 26**

제25항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 45% 이하이고, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 27% 이상이며, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

**청구항 27**

복수의 방향으로 뺀 섬유를 포함하고 관통하여 뺀 세공을 갖는 섬유상 프리폼을 형성하고, 여기서, 프리폼의 형성 후에 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 50% 이하인 단계;

상기 섬유상 구조체를 가열하여 상기 섬유를 실질적으로 탄소 섬유로 전환시킴으로써 상기 섬유상 프리폼을 탄화시키고, 상기 탄화 단계 중에 상기 섬유상 프리폼에 압력을 가하여 상기 섬유상 프리폼의 두께를 압축함으로써 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비를 증가시키고, 여기서, 상기 탄화 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 23% 초과인 단계; 및

상기 세공의 적어도 일부 내에 탄소 기질을 침착시켜 상기 섬유상 프리폼을 치밀화하는 단계를 포함하는, 탄소-탄소 부품의 제조 방법.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

**청구항 29**

제27항에 있어서, 상기 탄화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 25% 이상인 방법.

**청구항 30**

제29항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.8 이하인 방법.

**청구항 31**

제3항에 있어서, 상기 형성 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 섬유 부피비가 약 45% 이하인 방법.

**청구항 32**

제31항에 있어서, 상기 치밀화 단계 후 상기 섬유상 프리폼의 열 비율이 약 0.55 이하인 방법.

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은 일반적으로는 탄소/탄소 부품의 제조에 관한 것이고, 보다 구체적으로는 탄화 중에 압축되는, 자입된 (needled) 섬유상 프리폼에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 마찰 디스크 형태의 탄소/탄소 부품 ("C/C")은 항공기 브레이크 디스크, 경주용 자동차 브레이크 및 클러치 디스크에 흔히 사용된다. 탄소/탄소 브레이크 디스크는 C/C 재료의 우수한 고온 특성 때문에 이러한 분야에 특히 유용하다. 특히, C/C 부품에 사용되는 탄소/탄소 물질은 우수한 열 전도체이고, 브레이킹 시에 생성되는 열을 브레이킹 면으로부터 멀리 방산시킬 수 있다. 또한, 탄소/탄소 물질은 열 손상에 대한 내성이 크므로, 마찰계수의 현저한 감소 또는 기계적 고장 없이 심한 브레이킹 시 브레이크 면 사이의 마찰을 유지할 수 있다.

<3> 일반적으로, C/C 물질의 주요 제조 방법은 현재 두 가지가 있다. 첫번째 방법은 페놀성 수지 기질 복합체인 탄소 섬유의 레이업(layerup) 및 경화 후 열분해, 및 후속적인 페놀성 수지 침투 및 열분해 주기를 포함한다. 전형적으로, 부품에서 원하는 밀도를 달성할 때까지 복수의 수지 침투 및 열분해 주기를 이용한다. 두번째 방법은 산화된 PAN 또는 탄소 섬유 프리폼(preform)을 제작한 뒤, 탄화 및 화학적 증기 침투 (CVI) 치밀화하는 것을 포함한다. 필요한 경우, 침투 주기 사이에 프리폼을 기계 처리하면서, 원하는 부품 밀도가 달성될 때까지 화학적 증기 침투 주기를 지속시킨다. 이러한 두 가지 기본적인 방법의 조합도 사용되며, 프리폼 구성, 침투 수지 종류 및 화학적 증기 침투 조건에 따라 변형을 포함할 수 있다.

<4> 일반적으로, 산화된 PAN 섬유, 탄화 및 CVI 치밀화법을 이용하여 제조된 C/C 부품은 3개의 연속적인 제조 단계에서 제조된다. 첫째로, 다양한 직물 제조 기술을 이용하여 섬유상 프리폼을 제조한다. 전형적으로, 섬유상 프리폼은 산화된 폴리아크릴로니트릴 (PAN) 섬유 ("OPF")로 제조한다. ORF로부터 섬유상 프리폼을 제조하기 위한 수많은 기술이 당업계에 알려져 있지만, 통상적인 기술은 OPF의 층을 적층하는 것을 포함한다. 그후, 더해진 층에 대해 수직으로, 직물용 바브침 (barbed textile needle)을 자입한다. 자입(needling) 공정은 섬유상 층에 대해 수직으로 뺀 섬유상 프리폼을 통과하는 일련의 z-섬유를 생성시킨다. z-섬유는 층 (x-y 또는 평면 내) 내로부터 섬유를 밀어내고 이를 z-방향 (두께 방향)으로 재배향시키는 침의 작용을 통해 생성된다. 섬유상 프리폼의 자입은 적층물에 더해진 하나 이상의 층에 대해 행해지거나, 또는 전체 적층물이 형성된 후 행해질 수 있다. 또한, 침은 프리폼의 일부만을 통과해 관통하거나, 전체 프리폼을 통과해 관통할 수 있다. 또한, 수지를 제작후 프리폼 내로 주입하거나, 섬유상 프리폼을 형성하기 전에 섬유 또는 층을 코팅함으로써, 수지를 때때로 섬유상 프리폼에 첨가한다.

<5> 섬유상 프리폼을 제조한 후, 이를 탄화시켜 OPF를 탄소 섬유로 전환한다. 전형적으로, 섬유상 프리폼을 비활성 대기를 가진 용광로에 정치함으로써 프리폼을 탄화시킨다. 당업자가 잘 이해하고 있듯이, 로 (furnace)의 열은 비-탄소 화합물을 프리폼으로부터 제거하는 화학적 전환을 일으킨다. 생성된 프리폼은 일반적으로 탄화된 섬유상 프리폼과 동일한 섬유상 구조를 갖는다. 그러나, OPF는 바람직하게는 거의 100% 탄소로 전환된다.

<6> 프리폼을 탄화시킨 뒤, 프리폼을 치밀화한다. 일반적으로, 치밀화는 섬유상 프리폼의 공극 또는 세공을 추가적인 탄소 물질로 충전하는 것을 포함한다. 이는 탄화에 사용된 것과 동일한 로 또는 상이한 로를 이용하여 수행될 수 있다. 전형적으로, 화학적 증기 침투 및 증착 ("CVI/CVD") 기술은 탄소 기질로 다공성 섬유상 프리폼을 치밀화하기 위해 사용된다. 이는 흔히 로 및 탄화된 프리폼을 가열한 뒤, 로 내로, 그리고 섬유상 프리폼 주변과 프리폼을 따라 통과하도록 탄화수소 기체를 흘려보내는 것을 포함한다. 결과적으로, 탄화수소 기체에서 유래된 탄소는 기체로부터 분리되어 섬유상 프리폼 상에, 그리고 프리폼 내에 침착된다. 치밀화 단계가 완료되면, 생성된 C/C 부품은 섬유 구조에 침투된 탄소 기질을 갖는 탄소 섬유 구조를 가지며, 따라서 "탄소/탄소"가 유래된 것이다.

<7> <간단한 요약>

<8> 본 발명은 탄소/탄소 부품의 제조 방법을 설명한다. 이 방법은 섬유상 프리폼을 형성하는 단계, 섬유상 프리폼을 탄화시키는 단계 및 섬유상 프리폼을 치밀화하는 단계를 포함한다. 형성 단계는 OPF 층을 쌓고 층들에 자입하여 섬유상 층의 적층물을 통과하는 z-섬유를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 탄화 단계는 탄화 중에 장하중(dead weight), 복수의 추(weight) 또는 다른 기술을 이용하여 개별적인 OPF 섬유상 프리폼 또는 OPF 섬유상 프리폼의 적층물을 압축하는 것을 포함할 수 있다. 바람직하게, 섬유상 프리폼은 가까이 인접한 분리판에 위치한 스톱이 더이상의 압축을 방해할 때까지 압축된다. 생성된 압축된 탄화 섬유상 프리폼은 치밀화 로로의 이동을 위해, 탄화 단계 후 이들의 크기를 유지한다. 치밀화 단계는 섬유상 프리폼 주변 및 프리폼을 통해 통과하도록 고온의 탄화수소 가스를 가하여 탄소의 기질을 섬유상 프리폼의 세공 내에 침착시키는 것을 포함할 수 있다. 추가적인 세부사항 및 장점은 하기에 설명하고, 첨부된 도면에 나타낸다.

**발명의 상세한 설명**

<15> 도면, 특히 도 1을 참조하면, 개략도는 섬유상 프리폼 (10)을 형성하는데 사용될 수 있는 자입 공정을 나타냈다. 전형적으로, 섬유상 프리폼 (10)은 다수의 섬유상 층 (12)을 서로의 위에 쌓음으로써 형성된다. 섬유상 층 (12)은 통상적으로 산화된 폴리아크릴로니트릴 섬유 ("OPF")로부터 제조된다. 섬유상 층 (12)은 다양한 방법으로 제조될 수 있고, 불연속적 (짧은 섬유(staple)) 또는 연속적 섬유, 단방향 또는 크로스-레이어드 섬유 또는 꼬은 구조를 포함할 수 있다. 섬유상 층 (12)은 또한 예비-자입 처리와 같은 다양한 방법으로 예비 처리되어 섬유상 층이 더욱 접촉되도록 만들 수 있다.

<16> 바람직하게, 섬유상 층 (12)은 서로의 위에 하나씩 차례로(one-by-one) 위치시킬 수 있다. 각 섬유상 층 (12)을 섬유상 층 (12)의 적층물 (14)의 상부에 위치시킨 뒤, 적층물 (14)에 자입 헤드 (16)로 자입한다. 수많은 종류의 자입 기술이 가능하다. 그러나, 도시한 바와 같이, 대부분의 자입 공정은 왕복적으로 위 아래로 움직이는 자입 헤드 (16)를 포함한다. 원하는 왕복 운동을 달성하기 위해 회전 휠 (18) 및 중심을 벗어난 (off-center) 연결 막대 (20)를 사용할 수 있다. 복수의 바브침 (barbed needles) (22)은 섬유상 층 (12)의 적층물 (14)을 대면하고, 자입 헤드 (16)의 하향 스트로크에 따라 섬유상 층 (12)을 관통한다. 그 결과, 바브침 (22)은 하나의 섬유상 층에서 다음 섬유상 층 (12)으로 섬유를 밀어내어, 섬유상 층 (12)에 대해 수직으로 뺀 z-섬유를 형성시킨다. 자입에 의해 섬유가 평면내 방향으로부터 밀려나고, z-섬유 방향으로 힘을 가함으로써, 최종 복합재에서 고에너지 마찰 성능 및 평면내 기계적 강도를 감소시킬 수 있는 평면내 섬유 함량이 낮아진다. 일반적으로, 자입 공정은 개별적인 직물 층을 서로 상호결합시키는 효과를 가진다. 따라서, 자입 후, 섬유상 프리폼 (10)은 세 가지의 상이한 방향 (즉, 섬유상 층 (12)의 평면에서 x 및 y 방향, 및 섬유상 층 (12)에 수직인 z 방향)으로 뺀 섬유를 갖는다. 섬유상 층 (12)의 적층물 (14)의 전체 표면은 지지 베드 (24)를 앞뒤로 움직임으로써 자입될 수 있거나, 자입 헤드 (16)를 적층물 (14)의 표면을 따라 재배치할 수 있다. 바람직하게는, 침 (22)은 적층물 (14)의 바닥층에 자입할 때를 제외하고는 각 다운 스트로크시 섬유상 층 (12)의 일부만을 관통하며, 섬유상 층 (12)의 전체 적층물 (14)를 통과하여 관통하지 않는다.

<17> 표 2에 도시한 바와 같이, 모든 섬유상 층 (12)을 적층물 (14) 위에 위치시키고, 적층물 (14)에 자입한 뒤, 섬유상 층 (12)의 적층물 (14)로부터 환형체 (annulus) (16)를 절단할 수 있다. 생성된 섬유상 환형 프리폼 (26)은 실질적으로 섬유상 프리폼 (26)을 따라 세 방향으로 뺀 PAN 또는 OPF 및 관통하여 뺀 세공 또는 개강 (open space)으로 구성된다. 바람직한 실시태양에서, 섬유상 프리폼 (26)을 형성시 다른 물질, 예컨대 수지 등은 전혀 사용되지 않는다. 또한, 섬유상 프리폼 (26)은 바람직하게는 섬유상 프리폼 (26)에 대해, 자입시 침 (22)에 의해 가해지는 압력을 제외하고는 어떠한 압축압도 가해지지 않고 형성된다. 그 결과, OPF 프리폼의 섬유 부피 (즉, 섬유 부피 대 프리폼 부피의 비율)는 약 35% 내지 55%이다. 최종 브레이크 재료에 요구되는 특정 성능 조건에 따라, 섬유상 프리폼 형성 후의 섬유 부피비는 특정 요구조건을 만족시키기 위해 다양할 수 있다. 또한, 어떤 실시태양에서는 낮거나 또는 중간 정도(moderate)의 자입 밀도를 사용하고, 자입 후 섬유 부피비가 약 35% 내지 50%인 것이 바람직하다. 예를 들어, 중간 정도의 자입 밀도로 자입된 섬유상 프리폼에서 OPF 섬유 부피비는 45% 내지 50%이다. 예컨대 35% 내지 45%의 섬유 부피비와 같은 어떤 실시태양에서는, 낮은 자입 밀도도 바람직할 수 있다.

<18> 도 3 및 4로 넘어가면, 환형 섬유상 프리폼 (26)을 탄화를 위한 로 (28)에 위치시킨다. 당업자가 이해하고 있듯이, 탄화 공정은 섬유상 프리폼 (26) 중 OPF를 실질적으로 100%로 탄소 섬유로 전환시킨다. 탄화 공정은 아래 설명할 치밀화 공정과 구별되는데, 이는 치밀화 공정이 섬유상 프리폼의 세공에 침투시키고 섬유상 프리폼 내에 탄소 기질을 침착시키는 것을 포함한다는 점에서 그러하다. 반면, 탄화란 섬유상 프리폼 (26)을 형성하는

데 사용된 섬유를 탄소 섬유로 전환시키는 공정만을 가리킨다. 자입 공정에서 순수한 탄소 섬유를 사용할 수도 있지만, 전형적인 방직기를 이용하여 섬유상 구조를 형성하는 경우, 순수한 탄소 섬유를 사용하여 작업하는 것의 어려움 때문에, 일반적으로는 순수한 탄소 섬유를 사용하는 것이 바람직하지 않다. 반면, 다른 화합물 외에 탄소를 포함하는 PAN 및 OPF과 같은 탄소질 섬유는 섬유상 프리폼을 형성하는데 사용되는 전형적인 방직 기술 사용시 훨씬 작업하기 쉬운 것을 발견하였다. 예를 들어, PAN 및 OPF는 탄소 섬유에 비해 신축성 및 탄력성이 더 좋으므로, 방직기에서 사용하기에 더 쉽다. 또한, PAN 및 OPF는 탄소 섬유보다 전기적 전도성이 작기 때문에, 작업하기에 더 안전하고 프리폼 제조 장치의 전자 부품에 덜 해롭다. 결과적으로, 탄화 공정은 순수한 탄소가 아닌 섬유를 이용하여 섬유상 프리폼 (26)을 형성할 수 있도록 한다. 형성 공정 중에 사용되는 섬유는, 치밀화 전 최종 섬유상 프리폼 (26)이 실질적으로 순수한 탄소 섬유로 이루어지도록, 그후 탄화 공정 중에 전환된다. 도 3, 4 및 5 및 여기서의 설명은 탄화 공정 및 치밀화 공정을 위한 2개 이상의 상이한 로 (28, 46)의 사용을 고려하고 있지만, 필요한 경우 단일 로에서 두 공정을 조합할 수 있다.

<19> 일반적으로, 탄화 공정은 로 (28)에서 섬유상 프리폼 (26)을 1,600°C가 넘는 온도로 가열하는 것을 포함한다. 전형적으로, 탄화 공정 중 로 (28)에는 질소, 아르곤 또는 진공 (30)의 비활성 대기가 제공된다. 로 (28)의 열은 섬유를 탄소 섬유로 전환시키고 다른 화합물들을 제거하는, OPF의 화학적 전환을 일으킨다. 탄화된 프리폼 (26) 중 섬유가 100% 탄소 섬유인 것이 바람직하지만, 완전 전환에 약간 못미치게 일어나는 것도 일반적으로 허용가능하며, 생성된 탄소 섬유는 탄소 함량이 99.5%로 낮을 수 있다.

<20> 탄화 중에, 각 섬유상 프리폼 (26)의 전체 질량 및 전체 섬유 부피는 비-탄소 화합물의 손실 때문에 전형적으로 감소된다. 예를 들어, 전형적인 섬유상 프리폼 (26)은 탄화 중에 그의 중량의 약 50%를 잃을 수 있다. 또한, 섬유상 프리폼 (26)의 전체 부피는 전형적으로 탄화 중에 약 8 내지 12% 수축한다. 이러한 요소들을 조합하면, 형성 공정 후 섬유 부피비가 약 35% 내지 55%인 전형적인 OPF 섬유상 프리폼 (26)은 탄화 공정 후 약 16% 내지 28%의 섬유 부피비를 갖을 수 있다. 이러한 전형적인 선행기술 예에서, 정상 자입 압력, 전형적인 방직 기술에 관련된 다른 공칭(nominal) 압력, 보통의 취급 압력, 적층된 섬유상 프리폼의 중량 및 적층 하드웨어의 중량 외에, 형성 및 탄화 공정 중에서 추가적인 압축은 섬유상 프리폼에 전혀 가해지지 않는다. 따라서, 형성 공정 후 섬유 부피비가 약 48% 내지 50%인 전형적인 섬유상 프리폼은 탄화 후 약 25% 내지 27%의 섬유 부피비를 가질 수 있다. 마찬가지로, 형성 공정 후 섬유 부피비가 약 40% 내지 45%인 전형적인 섬유상 프리폼은 탄화 후 약 20% 내지 23%의 섬유 부피비를 가질 수 있다. 그러나, z-방향의 섬유 함량은 일반적으로 탄화 중 변하지 않은 채로 남아있다. 전형적으로, z-섬유 함량이 높으면 평면내 기계적 강도의 감소 및 고에너지 마찰계수의 손실이 일어난다.

<21> 도 3에 도시한 바와 같이, 탄화 공정 중에 섬유상 프리폼 (26)에 추가적인 압축을 가하여, 탄화 후 z-섬유 함량은 변화시키지 않으면서 섬유상 프리폼 (26)의 섬유 부피비를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 프리폼의 균을 서로의 위에 위치시키고, 각 부분 사이에 분리판 및 공간확보용 스톱(spacing stop)을 함께 위치시킬 수 있다. 전형적으로, 스톱은 프리폼의 두께보다 낮은 높이로 설계되고, 탄화 후 프리폼의 목표 두께에 의해 한정된다. 예를 들어, 최하단 섬유상 프리폼 (26)은 탄화 로 (28)의 바닥에 바닥판 (32) 상에 위치될 수 있다. 분리판 (34)은 최하단 프리폼 (26) 위에 위치시킬 수 있다. 그런 다음, 다른 섬유상 프리폼 (26)을 분리판 (34) 위에 놓을 수 있고, 다른 분리판 (34)을 그 섬유상 프리폼 (26) 위에 놓을 수 있다. 섬유상 프리폼 (26) 및 분리판 (34)의 적층물 (36)은 이러한 방식으로, 각각의 섬유상 프리폼 (26)이 분리판 (34)에 의해 상접 및 하접하는 섬유상 프리폼 (26)과 분리되도록 형성될 수 있다. 각각의 상응하는 OPF 섬유상 프리폼 (26)의 두께보다 낮은 스톱 (38)을 각 분리판 (34) 사이에 위치시킨다. 따라서, 섬유상 프리폼 (26)의 적층물 (36)이 제작된 후, 탄화 공정을 개시하기 전에는, 스톱 (38) 및 인접 분리판 (34) 사이에 갭 (40)이 존재한다. 도 3 및 4는 탄화 중의 로 (28)에서의 섬유상 프리폼 (26)의 단일 적층물 (36)을 나타내지만, 도 5에 도시한 바와 같이 더 큰 로에 섬유상 프리폼의 복수의 적층물도 위치시킬 수 있다. 또한, 섬유상 프리폼 (26)의 적층물 (36)은 로 (28) 내에서 제작될 수 있거나, 또는 로 (28) 밖에서 제작하여 리프팅 장치를 이용하여 제작 후 로 (28) 내로 옮길 수 있다. 또한, 탄화 후 층 두께를 조절하기 위해 복수의 섬유상 프리폼을 각 분리판 사이에 스톱과 함께 놓을 수 있다. 따라서, 2개 이상의 섬유상 프리폼을 2개의 분리판 사이에 놓은 스톱과 함께 2개의 분리판 사이에 위치시킬 수 있다. 결과적으로, 압축은 복수의 프리폼에 대해 조합된다. 이는 섬유상 프리폼의 두께가 얇을 때 특히 유용하다.

<22> 압축은 탄화 공정 중 섬유상 프리폼 (26)에 가해진다. 이는, 섬유상 프리폼 (26)의 적층물 (36)을 제작한 후 적층물 (36) 위에 장하중 (42)을 가함으로써, 또는 다른 수단을 통해 부품의 적층물에 외부 하중을 가함으로써 달성될 수 있다. 따라서, 압축은 자입 공정 중 형성된 z-섬유 방향을 따라 가해질 수 있다. 바람직하게는,

장하중 (42)의 중량은 150 lb 이상이고, 0.50 psi의 압축력을 발생시키나, 압축되는 프리폼의 크기 및 섬유상 프리폼의 z-섬유 함량 및 결과적인 압축성에 따라, 그보다 크거나 작은 값이 사용될 수 있다. 예를 들어, OPF 섬유 부피비가 약 40% 내지 45%인 섬유상 프리폼에 대해, 장하중 (42)이 275 내지 425 lb이고 1.0 내지 2.0 psi의 압축력이 생성되는 것이 특히 바람직하다. 장하중 (42)는 적층물 (36) 상의 압축압이 유지되도록 탄화 공정 중 섬유상 프리폼 (26)의 적층물 (36) 상에 남겨둔다. 압축압은 적층물 (36) 내의 섬유상 프리폼 (26) 중 하나에 가해지는 압력으로서 psi.(lb/in<sup>2</sup>)로 측정될 수 있다. 예를 들어, 적층물 (36) 중 상부 섬유상 프리폼 (26)에는 약 0.50 lb/in<sup>2</sup> 내지 2.0 lb/in<sup>2</sup>의 압력이 가해질 수 있다. 이러한 압력은 장하중 (42) 또는 다른 방법으로 가해질 수 있다. 도시한 바와 같이 장하중 (42)이 가해지면, 압축압은 프리폼 (26) 및 적층 장치의 추가된 중량 때문에, 바닥 섬유상 프리폼 (26)보다 상부 섬유상 프리폼 (26) 상에서 약간 작을 수 있다.

<23> 도 4에 도시한 바와 같이, 탄화 중 압축압은 스톱 (38)과 인접 분리판 (34)이 거의 닿을 때까지 섬유상 프리폼 (26)을 압착함으로써, 스톱 (38)과 분리판 (34) 사이의 초기 갭 (40)을 제거한다. 사용되는 스톱 (38)의 크기와 초기 갭 (40)의 관계는 제조되는 탄소/탄소 부품의 종류, 섬유상 프리폼의 섬유 부피 및 z-섬유 함량, 및 탄화된 프리폼에서 원하는 섬유 부피에 따라 달라질 수 있다. 특정한 목표 섬유 부피에 따라, 스톱의 크기와 같은 하드웨어의 설계는 약 25% 내지 45%의 총 두께 수축을 달성하도록 미리 결정될 수 있다. 반면, 하중을 가하지 않은 수축은, 두께 수축량을 미리 결정하기 위해 사용되는 하드웨어에 제한이 없이, 보통 약 8% 내지 13%이다.

<24> 프리폼 단계 및 탄화 후에, 섬유상 프리폼 (26)은 바람직하게는 섬유상 프리폼 (26)을 통해 세 방향으로 뺀 탄소 섬유, 및 관통하여 뺀 세공으로 이루어진 구조를 갖는다. 그러나, 탄화 중 가해지는 압축압 때문에, 총 섬유 부피비는 증가된다. 예를 들어, 탄화 후 섬유 부피비는 바람직하게는 약 25% 이상이다. 섬유 부피비는 탄화 중 압축압을 가함으로써, 탄화 후 섬유 부피비가 23%를 넘도록 증가될 수 있다. 특히, 탄화 중 섬유상 프리폼 (26)에 압력을 가함으로써, 탄화전 섬유상 프리폼과 동일한 z-섬유 함량은 유지하면서 약 27% 내지 30%의 탄화 후 섬유 부피비를 달성하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 높은 자입 밀도를 이용한 프리폼에서, 섬유 부피비는 섬유상 프리폼 형성 후 약 50% 내지 55%일 수 있다. 탄화 후, 섬유 부피비는 압축압이 없는 경우 약 25% 내지 27% 사이, 압축압을 가하는 경우 약 28% 내지 30% 사이일 수 있다. 자입 밀도 또는 z-섬유 함량은 탄소-탄소 부품이 치밀화된 후의 열 비율로서 측정할 수 있다. 열 비율은 부품의 두께 방향의 (즉, z 방향의) 부품의 열 전도성을, 부품의 폭을 가로지르는 방향의 (즉, x-y 면의) 부품의 열 전도성으로 나눈 비율이다. 당업자가 잘 이해하고 있듯이, 열 전도성은 와트/m·K로 측정할 수 있다. 일반적으로, 높은 자입 밀도로 자입된 프리폼은 약 0.8보다 큰 열 비율을 나타낼 것이다. 마찬가지로, 낮은 자입 밀도를 이용한 프리폼에서, 섬유 부피비는 섬유상 프리폼 형성 후 약 35% 내지 45%일 수 있다. 탄화 후, 섬유 부피비는 압축압이 없는 경우 약 16% 내지 23% 사이, 압축압을 가하는 경우 약 25% 내지 30%일 수 있다. 일반적으로, 낮은 자입 밀도로 자입된 프리폼은 약 0.55 미만의 열 비율을 나타낼 것이다. 또한, 섬유상 프리폼 형성 후 섬유 부피비가 약 40% 내지 45%인 프리폼에서, 탄화 후 섬유 부피비는 압축압이 없는 경우 약 20% 내지 23%, 압축압을 가하는 경우 약 27% 내지 30%일 수 있다. 실제 섬유 부피 목표는 원하는 OPF 섬유상 프리폼의 마찰 및 마모 특성과 z-섬유 함량에 따라 달라진다. 따라서, 원하는 마찰 및 마모 특성을 달성하기 위해 z-섬유 함량과 압축된 프리폼 섬유 부피비의 조합을 이용할 수 있다.

<25> 섬유상 프리폼을 탄화시킨 뒤, 섬유상 프리폼 (26)을 탄화 로 (28)로부터 제거할 수 있다. 장하중 (42)은 이 시점에서 섬유상 프리폼 (26)의 적층물 (36)로부터 제거할 수 있고, 섬유상 프리폼 (26)은 추가로 압축압을 적용해야 할 필요 없이 그의 높은 섬유 부피비를 유지한다. 섬유상 프리폼 (26)은 원하는 경우 검사 및/또는 다른 공정 단계를 허용하기 위해 적층물 (36)로부터 분해(disassemble)할 수 있다.

<26> 도 5에 도시한 바와 같이, 탄화 공정 후, 섬유상 프리폼 (26)은 치밀화 로 (46) 내의 적층물 (44)에 위치된다. 당업자에게 잘 알려져 있는 바와 같이, 치밀화 공정은 섬유상 프리폼의 세공 내에 탄소 기질을 침착시키는 것이다. 섬유상 프리폼을 치밀화하기 위하여 많은 상이한 종류의 치밀화 공정을 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 5에서, 치밀화 로 (46)에는 천연가스 또는 프로판과 같은 탄화수소 가스 또는 가스 혼합물 (50)을 로 (46) 내로 도입하기 위한 주입관 (48)이 제공된다. 탄화수소 가스 혼합물 (50)을 최종 온도로 가열시키기 위해 로 (46)의 안쪽에 예비가열기 (52)도 제공된다. 전형적으로, 약 1,000°C의 로 온도가 치밀화 공정을 위해 바람직하다.

<27> 원한다면 섬유상 프리폼 (26) 주위에 고온의 탄화수소 가스 혼합물 (50)을 보내도록, 로 (46)에서 분배기 (54) 또는 다른 배열 및 구조를 사용할 수 있다. 바람직하게는, 탄화수소 가스 혼합물 (50) 중 일부를 섬유상 프리폼 (26)의 평편한 표면을 가로질러 또는 다공성 구조를 통과하여 강제로 흐르게 한다. 탄화수소 가스 혼합물

(50)이 섬유상 프리폼 (26)의 주변 또는 이를 통하여 지나가면, 탄화수소 분자로부터 탄소가 분리되어 섬유상 프리폼 (26)의 탄소 섬유 상에 침착된다. 남은 가스 (50)는 배출관 (56)을 통해 로 (46)를 빠져나가고, 신선한 탄화수소 가스 (50)은 주입관 (48)을 통해 로 (46)에 연속적으로 공급된다. 치밀화 공정이 계속됨에 따라, 탄소의 기질이 섬유상 프리폼 (26) 내에, 그리고 프리폼 (26) 상에 형성된다. 결과적으로 섬유상 프리폼 (26)의 세공이 탄소로 충전되거나, 적어도 부분적으로 충전된다. 섬유상 프리폼 (26)이 원하는 수준으로 치밀화되면, 탄화수소 가스 (50)를 로 (46)로 흘려보내는 것을 중단하고, 치밀화된 섬유상 프리폼 (26)을 치밀화 로 (46)로부터 제거할 수 있다. 그런 다음 치밀화된 프리폼 (26)을 세정하고, 기계 처리하고, 그의 최종 용도를 위해 추가적으로 가공한다.

<28> 상술한 방법에 의해 제조되는 탄소/탄소 부품의 장점 중 하나는 탑승인원이 많은 제트 비행기를 위한 브레이크 디스크와 같은 용도에 특히 적합하다는 점이다. 이러한 분야에 사용되는 경우, 상술한 방법은 종래의 탄소/탄소 브레이크 디스크보다 마찰계수가 더 높은 브레이크 디스크를 제조하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 대등한 탄소/탄소 브레이크 디스크에서, RTO (즉, "이륙 중지(rejected take-off)") 시 마찰계수는, 종래의 탄소/탄소 브레이크 디스크에 대한 약 0.11 내지 0.14의 범위에서, 개선된 방법에 의해 제조된 탄소/탄소 브레이크 디스크에 대한 약 0.16 내지 0.19의 범위로 증가될 수 있어, 약 40% 증가된다. 또한, 개선된 방법에 의해 제조된 탄소/탄소 브레이크 디스크는 내구성이 더 높을 수 있고, 더 낮은 속도로 마모될 수 있다. 예를 들어, 종래의 탄소/탄소 브레이크 디스크가 약 0.090 내지 0.110 인치/표면/착륙 1000회의 속도로 마모될 수 있는 반면, 개선된 방법에 의해 제조된 탄소/탄소 브레이크 디스크는 동일한 브레이크 작동 파라미터에 대해 약 0.060 내지 0.075 인치/표면/착륙 1000회 이하의 속도로 마모될 수 있어, 약 35% 개선된다. 예증된 개선은, 가능한 중량 절감을 포함하는 브레이크 설계 특성의 개선, 더욱 중요하게는 더욱 긴 마모 수명의 결과로서 재정적인 이윤의 개선에 대한 기회를 제공한다는 점에서 의미가 있다. 또한, 상술한 방법은 현재의 제조 방법 또는 제조 방법에서 사용되는 장치의 중대한 변경을 필요로 하지 않고 현재의 제조 방법에 쉽게 적응시킬 수 있기 때문에 유리하다. 하기에서, 상술한 방법의 몇몇 장점을 비교하기 위해 2개의 대표적인 실시예를 제공한다.

**실시예**

<29> **실시예 1**

<30> 전형적인 직물 자입 장치를 이용하여 일련의 섬유상 프리폼을 상대적으로 낮은 z-섬유 농도로 제조할 수 있다. 프리폼의 외부 직경 ("OD"), 내부 직경 ("ID") 및 두께는 제조되는 특정 회전자, 고정자, 말단판 또는 압력판에 따라 각각 약 20 내지 22 인치, 10 내지 12 인치 및 1.75 내지 2.50 인치일 수 있다. 이러한 방법을 이용하면 형성 단계 후 44%의 섬유 부피비가 전형적으로 달성될 수 있다. 압축판, 스톱 및 약 450-500 lb의 장하중을 이용하여 프리폼을 탄화시켜, 탄화된 프리폼의 섬유 부피비가 약 29%가 되도록 할 수 있다. 본 실시예에서 탄화 중에 프리폼의 두께 수축은 약 42%일 수 있다. 그 후, 생성된 탄화된 프리폼을, 전형적인 탄소 CVI법을 이용하여 치밀화하였다. 브레이크 디스크 모양으로 기계 처리할 때, 프리폼의 예시적인 마모율은 약 0.081이고, 예시적인 RTO 마찰계수는 약 0.146일 수 있다. 이에 비하여, 유사한 방법을 이용하여 처리하였으나 압축 없이 탄화시킨 프리폼의 예시적인 마모율은 약 0.102이고, 예시적인 RTO 마찰계수는 약 0.134일 수 있다.

<31> **실시예 2**

<32> 전형적인 직물 자입 장치를 이용하여 일련의 섬유상 프리폼을 상대적으로 낮은 z-섬유 농도 및 중간 범위 z-섬유 농도 둘 다로 제조할 수 있다. 낮은 z-섬유 농도 프리폼에 대해, 이러한 방법을 이용하면 형성 단계 후 38% 및 44%의 섬유 부피비가 전형적으로 달성될 수 있다. 중간 범위 z-섬유 농도 실행예 (즉, 중간 정도의 자입)에 대해, 이러한 방법을 이용하면 형성 단계 후 49%의 섬유 부피비가 전형적으로 달성될 수 있다. 프리폼은 압축판, 스톱 및 약 400 lb의 장하중을 이용하여 탄화될 수 있다. 본 실시예에서 탄화 중에 수축은 약 43% 및 40% 일 수 있다. 탄화 후, 초기 섬유 부피비가 38% 및 44%이고 탄화 중에 압축을 이용한 낮은 z-섬유 농도 프리폼 실행예는 약 27%의 탄화후 섬유 부피비를 나타낼 수 있다. 초기 섬유 부피비가 49%인 중간 범위 z-섬유 농도 프리폼은 약 27%의 탄화후 섬유 부피비를 나타낼 수 있다. 일반적으로, 중간 정도의 자입 밀도를 이용하여 자입된 프리폼은 약 0.55 내지 약 0.8 사이의 열 비율을 나타낼 것이다. 전형적으로, 중간 정도의 자입 밀도를 이용하면, 탄화 후 섬유 부피비는 바람직하게는 약 27% 내지 약 30%이다. 생성된 탄화된 프리폼을 그 후 전형적인 탄소 CVI법을 이용하여 치밀화하였다. 브레이크 디스크 모양으로 기계 처리할 때, 낮은 z-섬유 농도 프리폼의 예시적인 마모율은 약 0.057 및 0.065이고, 예시적인 RTO 마찰계수는 약 0.199 및 0.165일 수 있다. 중간 범위 z-섬유 농도 프리폼의 예시적인 마모율은 약 0.047이고, 예시적인 RTO 마찰계수는 약 0.161일 수 있다. 이에 비하여, 유사한 방법을 이용하여 처리하였으나 압축 없이 탄화시킨, 초기 섬유 부피비가 44%인 낮은 z-섬

유 농도 프리폼은 약 21%의 탄화후 섬유 부피비를 나타낼 수 있다. 이러한 예비성형품의 예시적인 마모율은 약 0.095이고, 예시적인 RT0 마찰계수는 약 0.145일 수 있다.

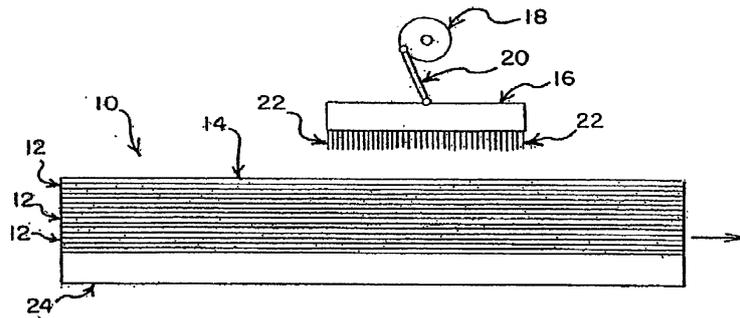
<33> 본 발명의 바람직한 실시태양을 설명하였으나, 본 발명은 그러한 범위로 제한되지 않고, 본 발명에서 벗어나지 않고 변형이 이루어질 수 있음을 이해하여야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정의되며, 그러한 특허청구범위의 의미 내에 문언적으로 속하거나 균등 범위에 속하는 모든 장치가 본 명세서에 포함될 것이 의도된다. 또한, 상술한 장점들이 본 발명의 유일한 장점들이는 아니며, 설명한 모든 장점들이 본 발명의 모든 실시태양에서 달성될 것으로 반드시 기대되는 것도 아니다.

**도면의 간단한 설명**

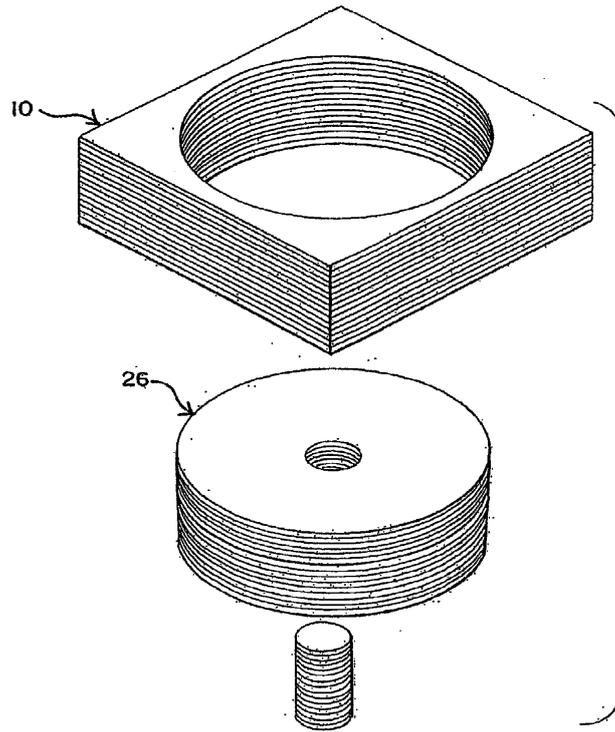
- <9> 본 발명은 하기와 같은 도면과 함께 아래 설명을 읽음으로써 보다 완전히 이해될 것이다.
- <10> 도 1은 자입 공정의 개략도이다.
- <11> 도 2는 사각형 섬유상 프리폼으로부터 섬유상 프리폼의 환상 절단을 나타내는 투시도이다.
- <12> 도 3은 탄화 전 탄화 로의 개략도이다.
- <13> 도 4는 탄화 후 탄화 로의 개략도이다.
- <14> 도 5는 치밀화 로의 개략도이다.

**도면**

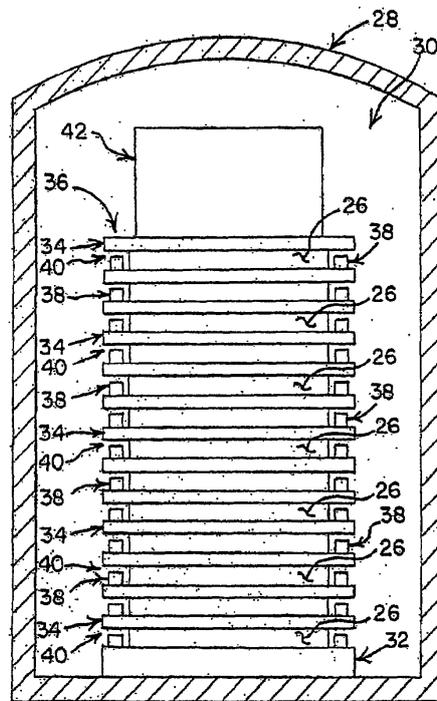
**도면1**



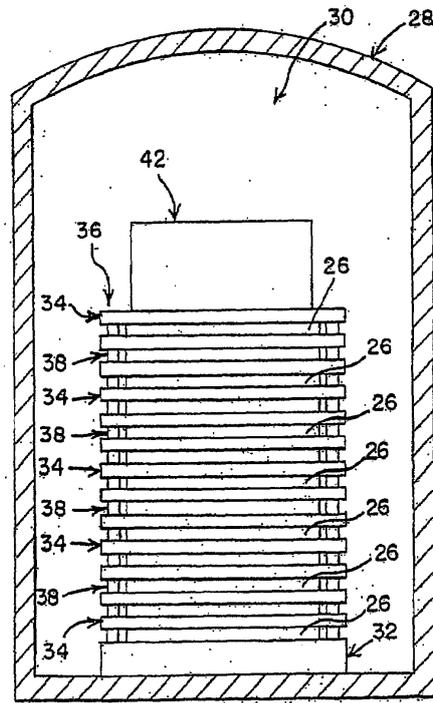
도면2



도면3



도면4



도면5

