



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0117700  
(43) 공개일자 2007년12월12일

(51) Int. Cl.

C10B 53/04 (2006.01) C01B 31/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-7025171

(22) 출원일자 2007년10월30일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2007년10월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2006/012344

국제출원일자 2006년03월30일

(87) 국제공개번호 WO 2006/105493

국제공개일자 2006년10월05일

(30) 우선권주장

60/594,355 2005년03월31일 미국(US)

(71) 출원인

터치스톤 리서치 래버리토리 리미티드

미국 26059 웨스트버지니아주 트라이엘파이 더 밀  
레니엄 센터 박스 100비 알.디. 넘버1

(72) 발명자

마트비야 토마스 엠

미국 15163 펜실베이니아주 맥키스 록스 레이크사  
이드 드라이브216

루카스 틱

미국 43950 오하이오주 세인트 클레어스빌 로베르  
토 드라이브66483

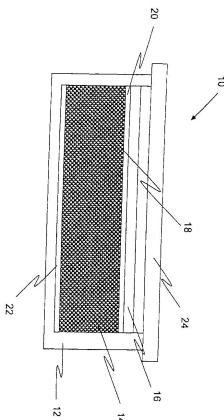
(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 15 항

**(54) 고밀도 탄소 발포재****(57) 요 약**

본 발명은 고밀도 탄소 발포재 및 그 제조 방법에 관한 것이다. 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법은, 석탄 입자를 연화 및 용융시켜 일반적으로 균질하고 연속적인 개방 셀 탄소 재료를 형성하기 위해 충분한 상승 온도로, 분쇄 집적된 역청탄을 가열하는 단계를 포함한다. 상기 균질한 개방 셀 탄소 재료는 그 후 상기 역청탄의 소성 특성을 실질적으로 감소시키거나 본질적으로 제거하기 위해 충분한 시간 동안 상승 온도에서 유지된다. 원하는 바에 따라, 상기 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 대기 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 그 후 약 3200 °C 의 온도로 가열된 후 냉각될 수 있다.

**대표도 - 도1**

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

상호 연결되고, 연속적인 탄소 리가먼트 (ligament) 를 포함한 개방 셀 본체를 포함하고, 약 0.8 g/cc 초과의 밀도 및 약 1 % 초과의 쟈 (ash) 함유량을 갖는 고밀도 탄소 발포재.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 쟈 함유량은 약 2 % 초과 약 20 % 미만인 고밀도 탄소 발포재.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 밀도는 약 1.2 g/cc 초과 약 1.8 g/cc 미만인 고밀도 탄소 발포재.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 고밀도 탄소 발포재는 약 5,000 ~ 25,000 lbs/in<sup>2</sup> 인 범위의 압축 강도를 갖는 고밀도 탄소 발포재.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 쟈 함유량은 약 2 % 초과 약 20 % 미만이고, 상기 밀도는 약 1.2 g/cc 초과 약 1.8 g/cc 미만이며, 상기 고밀도 탄소 발포재는 약 5,000 ~ 25,000 lbs/in<sup>2</sup> 인 범위의 압축 강도를 갖는 고밀도 탄소 발포재.

### 청구항 6

분쇄 집적된 탄소질 공급 원료를, 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료를 형성하기에 충분한 온도인 제 1 상승 온도까지 가열하는 단계, 및

상기 일반적으로 균질한 개방 셀 탄소 재료를, 상기 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료의 소성 특성을 본질적으로 제거하기에 충분한 시간 동안 상승 온도에서 유지하여 고밀도 탄소 발포재를 제공하는 단계를 포함하는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 고형체 탄소질 공급 원료는 석탄 추출물, 수소화 석탄 추출물 및 중간상 (mesophase) 재료로 구성되는 그룹으로부터 선택하는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 탄소질 공급 원료는 집적된 역청탄인 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 고밀도 탄소 발포재를 약 700°C 초과의 제 2 상승 온도에서 가열하는 단계를 더 포함하는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 10

제 17 항에 있어서, 상기 제 2 상승 온도는 약 950°C 초과인 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 11

제 6 항에 있어서, 본질적으로 비활성, 비산화성 대기 하에서 상기 가열 단계를 수행하게 되는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 12

집적된 역청탄인 분쇄 석탄으로 용기를 채워 석탄층을 형성하는 단계,  
 상기 석탄층에 압축력을 가하는 단계,  
 용기를 덮개로 덮는 단계,  
 상기 석탄층을, 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료를 형성하기에 충분한 제 1 상승 온도로 가열하는 단계, 및  
 상기 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료를, 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료의 소성 특성을 본질적으로 제거하기에 충분한 시간 동안 상승 온도에서 연속적으로 가열하여 고밀도 탄소 발포재를 제공하는 단계를 포함하는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 고밀도 탄소 발포재를 약 700°C 초과의 제 2 상승 온도로 가열하는 단계를 더 포함하는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

### 청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 제 2 상승 온도는 약 950°C 초과인 고밀도 탄소 재료의 제조 방법.

### 청구항 15

제 12 항에 있어서, 본질적으로 비활성, 비산화성 대기 하에서 상기 가열 단계를 수행하게 되는 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법.

## 명세서

### 기술분야

&lt;1&gt;

본 발명은 고밀도 다공질 탄소 재료, 특히 고밀도 탄소 발포재에 관한 것이다.

### 발명의 상세한 설명

&lt;2&gt;

본 발명은 고밀도 탄소 발포재 및 그 제조 방법을 포함한다. 어떤 실시형태에서는, 고밀도 탄소 발포재의 제조에 사용되는 방법은 분쇄 집적된 역청탄을, 석탄 입자가 연화 및 용융되어 일반적으로 균질하고 연속적인 개방 셀 탄소 재료를 형성하기에 충분한 상승 온도로 가열하는 단계를 포함한다. 상기 균질한 개방 셀 탄소 재료는 그 후 상기 역청탄의 소성 특성을 실질적으로 감소시키거나 본질적으로 제거하여 고밀도 탄소 발포재를 생산하는데 충분한 시간 동안 상승 온도에서 유지된다. 원하는 바에 따라, 상기 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 주위 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 그 후 약 3200°C의 온도로 가열된 후 냉각될 수 있다.

&lt;3&gt;

어떤 실시형태에서는, 본 발명은 고밀도 탄소 발포재의 제조 방법으로서, 고형체 미립자 (분쇄 집적된 탄소질 공급 원료)를, 분쇄 집적된 탄소질 공급 원료 입자가 연화 및 일부분 이상 용융되고, 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료가 형성되도록 혼합되기에 충분한 온도인 제 1 상승 온도까지 가열하는 단계, 및 탄소 재료가 더 이상 소성이 아니거나 소성이 될 수 없을 정도의 충분한 시간 동안 상승 온도에서 탄소 재료를 계속 가열하여 고밀도 탄소 발포재를 생산하는 단계를 포함한다. 원하는 바에 따라, 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 주위 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 이후 약 3200°C의 온도로 가열된 후 냉각될 수 있다.

&lt;4&gt;

어떤 실시형태에서, 본 발명은 고밀도 탄소 발포재를 생산하는 방법으로서, 집적된 역청탄인 분쇄 석탄을 용기 에 채워 석탄층을 형성하는 단계, 석탄층과 용기 바닥 사이에 위치한 바닥 표면 덮개로 용기의 바닥 표면을 덮는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한, 석탄층을 석탄층 덮개로 덮는 단계, 강성 시트 재료를 석탄층 덮개 위에 위치시키는 단계, 용기를 덮개로 덮는 단계, 실질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료를, 본질적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료의 소성 특성을 제거하기에 충분한 시간 동안 상승 온도에서 연속적으로 가열하는 단계, 및 탄소 재료가 더 이상 소성이 아니거나 소성이 될 수 없을 정도의 충분한 시간 동안 제 1 상승 온도에서 탄소 재료를 계속 가열하여 고밀도 탄소 발포재를 생산하는 단계를 포함할 수도 있다. 원하는 바에 따라, 상기 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 대기 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 그 후에 약 3200°C의 온도로 가열된 후 냉각될 수 있다.

- <5> 또한 본 발명은, 공극 공간을 한정하는 상호 교차된 리가먼트 (ligament)를 갖는 연속적인 발포재 본체 부분을 포함하며, 비소결인 연속 발포재가 약 0.8 g/cc 초과의 밀도를 갖는 고밀도 탄소 발포재에 관한 것이다.
- <6> 또한 본 발명은, 공극 공간을 한정하는 상호 교차된 리가먼트를 갖는 연속적인 발포재 본체 부분을 포함하고, 약 1 % 초과의 재 (ash) 함유량을 더 포함하며, 비소결인 연속 발포재가 약 0.8 g/cc 초과의 밀도를 갖는 고밀도 탄소 발포재에 관한 것이다.
- <7> 고밀도 탄소 발포재는, 약 700°C, 더 일반적으로는 약 950°C 초과의 온도로 가열된 후에 본질적으로 주위 온도로 냉각되는 경우, 약 0.8 g/cc, 더 일반적으로는 약 1.0 g/cc 초과의 고밀도를 나타내는 탄소 발포재를 말한다. 특정 실시형태에서는, 밀도가 약 0.8 ~ 2.0 g/cc 인 범위 내의 값을 갖는다. 다른 실시형태에서는, 밀도가 약 1.2 ~ 1.8 g/cc 인 범위 내의 값을 갖는다. 또 다른 실시형태에서는, 밀도가 약 1.3 ~ 1.6 g/cc 인 범위 내의 값을 갖는다. 육안으로는, 그러한 탄소는 비다공질 고형체로 보일 수도 있다. 하지만, 현미경 검사를 통해 고밀도 탄소 발포재가 어느 정도의 다공성을 가짐을 알 수 있다. 통상적으로, 이러한 다공성은 발포재 내에 고르게 분포되어 있다. 고밀도 탄소 발포재의 다공성은 발포재 내에 발포재 서로 간 및 발포재 외부와 현저하게 연통하게 되는 공극을 제공하여, "개방 셀 (open cell)" 또는 "다공질"로 부를 수 있는 구조를 제공하게 된다. 선택적으로는, 내부 공극 체적을 갖지 않거나 또는 단지 재료의 외부와는 연통되어 있지 않은 공극 체적을 갖는 재료는 "폐쇄 셀" 또는 "비다공질" 재료로 부를 수 있다.
- <8> 어떤 실시형태들에 있어서, 약 90 배의 배율로 현미경 관찰하는 경우 본 발명의 탄소 발포재는 단순히 소결 입자로 구성된 것은 아니다. 즉, 발포재로 만들어진 석탄 미립자의 대부분은, 소결 재료의 경우에서와 같이, 상호 접촉 영역에서만 서로 결합되어 있는 개별 입자로서 더 이상 인식되지 않는다. 외관상으로는, 고밀도 탄소 발포재의 미세 구조는 저밀도 석탄계 탄소 발포재 및 그물형 유리질 탄소와 유사할 수는 있지만, 균등하지 않을 수 있다. 즉, 고밀도 탄소 발포재는 두껍고 다소 휘어진 상호 연결된 탄소 리가먼트에 의해 한계 지어진 규정된 규칙적인 공극 공간으로 구성되어 있으며, 그 결과 연속적, 개방 셀인, 발포재와 유사한 밀도의 탄소 체가 생산된다. 통상적으로 고밀도 탄소 발포재의 공극 공간은 저밀도 석탄계 탄소 발포재의 윤곽이 뚜렷한 구형 공극 내에 보통 존재하는 완만한 곡선의 내벽을 많이 갖지 않는다.
- <9> 다른 실시형태에 있어서, 고밀도 탄소 발포재의 구조는 약 90 배의 현미경 관찰 하에서, 임의로 상호 연결되고 얹혀 있으며 크기 및 방향이 임의적인 다수의 고형체 탄소 리가먼트로 구성되어 있는 것처럼 보일 수 있다. 상호 연결되어 있는 그러한 리가먼트는 고밀도 탄소 발포재 전체에서 연속적이다. 이러한 리가먼트의 표면은 휘어져 있고 상대적으로 매끈하거나, 불균일하거나, 불규칙적이거나, 또는 가끔은 높은 정도의 소성 특성에 이르지 못한 석탄 입자의 잔유물이 박혀 있을 수도 있다. 그러한 실시형태에서는, 리가먼트에 의해 제한된 공극 공간은 임의의 크기 및 형상을 가질 수 있으며, 제한이 있는 경우 구형 특성을 갖게 된다.
- <10> 약 700°C 초과, 더 일반적으로는 약 950°C 초과의 온도에서 가열된 후 본질적으로 주위 온도에 의해 냉각되는 경우, 고밀도 탄소 발포재는 약 5000 lbs/in<sup>2</sup> 초과, 어떤 실시형태에서는 약 10,000 lbs/in<sup>2</sup> 초과, 또 다른 실시형태에서는 약 20,000 lbs/in<sup>2</sup> 초과의 압축 강도 (crush strength)를 가질 수 있다. 이러한 고밀도 발포재의 본체는 대부분 등방성이다.
- <11> 일반적으로, 고밀도 탄소 발포재를 제조하는 방법은, 석탄 입자가 연화되고 서로 용융되어 일반적으로 균질하고, 연속적인, 개방 셀 탄소 재료를 형성하기에 충분한 상승 온도로 분쇄 집적된 역청탄 (bituminous coal)을 가열하는 단계를 포함한다. 그 후, 균질한 개방 셀 탄소 재료는 탄소 재료의 소성 특성을 실질적으로 감소시키거나 또는 본질적으로 제거하기에 충분한 시간 동안 상승 온도에서 유지되어 결국 고밀도 탄소 발포재를 생산하게 된다. 원하는 바에 따라, 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 주위 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 그 후 약 3200°C의 높은 온도로 가열되었다가 냉각될 수도 있다.
- <12> 고밀도 탄소 발포재는 집적된 역청탄으로부터 직접 제조될 수도 있다. 적절한 역청탄은 가열되는 경우 소성 (즉, 연화됨)이 되는 석탄이다. 그러한 석탄은 자유 팽창 지수 (Free Swell Index) (ASTM 표준 D720-67, "석탄의 자유 팽창 지수의 표준 시험법")가 약 1 초과의 값을 가지는 것들이며, 어떤 실시형태에서는 2 초과일 수도 있다. 역청탄은 저휘발성 (Low Volatile), 중휘발성 (Medium Volatile), 고휘발성 A (High Volatile A), 고휘발성 B (High Volatile B), 고휘발성 C (High Volatile C) 역청탄 중 어떤 등급의 역청탄이라도 무방하다. 결과물인 혼합물이 집적되고 상기 자유 팽창 지수에 대응한다면 역청탄의 혼합물이 사용될 수도 있다.
- <13> 본 발명의 고밀도 탄소 발포재의 제조를 위해 사용되는 집적된 역청탄은 우선 분쇄된다. 어떤

실시형태에서, 상기 석탄은 실질적으로 석탄 전부 또는 석탄의 약 98 % 초과가 80 메쉬 스크린 (미국 표준 체 (sieve) 시리즈) 을 통과하는 크기로 분쇄된다. 그러한 80 메쉬 스크린은 약 0.18 mm 의 구멍을 갖는다.

다른 실시형태에서는, 상기 석탄은 실직적으로 석탄 전부 또는 석탄의 약 98 % 초과가 140 메쉬 스크린 (미국 표준 체 시리즈) 을 통과하는 크기로 분쇄된다. 그러한 140 메쉬 스크린은 약 0.105 mm 의 구멍을 갖는다.

또 다른 실시형태에서는, 다른 크기로 분쇄된 적절한 석탄이 사용될 수도 있다. 다양한 실시형태에서, 석탄은 약 0.42 mm 미만, 다른 실시형태에서는 약 0.18 mm 미만, 또 다른 실시형태에서는 약 0.105 mm 의 크기로 분쇄될 수 있다.

## 실 시 예

&lt;17&gt;

도 1 에서는, 일반적으로 용기 (12) 를 포함하는 고밀도 탄소 발포재 형성 장치 (10) 의 실시형태를 나타내고 있다. 크기를 조절한 후, 분쇄 석탄 (14) 은 용기 (12) 내에 위치하게 된다. 용기 (12) 는 어떤 형상이나 디자인이어도 무방하다. 어떤 실시형태에서는 바닥이 평평한 팬이 사용된다. 용기 (12) 는 덮개 (24) 를 선택적으로 포함할 수도 있다. 용기 (12) 에 채워진 분쇄 석탄 (14) 의 양은 특별히 제한되지는 않는다. 통상적으로는, 석탄층이 생성되고, 그 석탄층을 구성하는 석탄 입자가 주변 석탄 입자와 상호 접촉하도록 하기 위해 충분한 양의 석탄이 사용된다. 특정 실시형태에서는, 용기 내에 위치한 석탄의 질량은 용기 바닥 표면 영역에서 평균적으로 약  $13 \text{ g/in}^2$  이 된다. 용기 내에 결과물인 석탄을 제공하기 위해 다른 석탄을 채워 넣을 수도 있다. 용기 (12) 는 선택된 온도 및 압력의 공정 조건에 의해 영향을 많이 받지 않는 재료이면 어떤 것으로도 제작될 수 있다. 또한, 용기의 구성 재료는 소성탄 (plastic coal) 에 의해 상당히 젖거나, 또는 선택된 공정 조건에서 석탄 또는 석탄 제품에 노출됨으로써 상당히 악화되지 않아야 한다. 또한, 원하는 공정 조건에 대한 열전달 특성 및/또는 구성 재료의 치수 안정성의 관점에서 용기의 구성 재료를 선택할 수도 있다. 적절한 용기 구성 재료는 세라믹 재료, 그리고 알루미늄, 스테인리스 강 및 다른 유사한 재료들을 포함하는 금속들일 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다.

&lt;18&gt;

일반적으로 용기 내부 바닥 표면은 깨끗하고 매끈할 수도 있다. 주어진 용기를 많이 사용하게 되면, 예컨대 이전 발포 제품의 잔유물 축적 및 관련된 공정 조건 및 가스에의 노출로 인하여, 내부 바닥 표면이 악화 될 수 있다. 그러한 악화는 고밀도 탄소 발포재 제품의 바닥 표면의 외관, 평탄함 및/또는 일체성에 부정적인 영향을 주게 된다. 용기 바닥 표면은, 연마재 등을 사용한 세척과 같은 종래 기술에 의한 방법으로도 세척될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 선택적으로는, 석탄을 삽입하기 전에 용기 바닥에 박막 금속 포일 또는 판 (22) 을 둘 수도 있다. 용기 바닥에 대해서와 마찬가지로, 바닥 표면 덮개 (22) 라고 부를 수 있는 그러한 금속 포일 또는 판은 석탄과의 접촉을 위한 깨끗하고 매끈한 표면을 갖도록 세척될 수 있다. 그러나 바람직하게는, 바닥 표면 덮개 금속 포일로서 알루미늄 포일이 사용될 수 있다. 알루미늄 포일의 사용은 경제적으로 사용 후마다 폐기 가능한 바닥 표면 덮개를 제공하여, 용기 또는 바닥 표면 덮개의 세척 필요성을 제거 또는 감소시켜 준다. 또한, 알루미늄 포일 등의 바닥 표면 덮개의 사용은 용기로부터 결과물인 고밀도 탄소 발포재를 쉽게 추출할 수 있게 해준다.

&lt;19&gt;

바닥 표면 덮개 (22) 로 사용되는 금속 포일 또는 판 대신 다른 재료가 사용될 수도 있다. 금속 포일, 금속 판 및 다른 재료들은 매끈한 고형체 표면으로 된 하나 이상의 면을 갖는 시트 재료일 수도 있다. 이러한 금속 포일, 금속 판 및 기타 재료들은 고밀도 탄소 발포재의 제작에 사용되는 공정 온도 및 압력을 견딜 수 있어야 한다. 또한, 바닥 표면 덮개 (22) 는 공급 원료 석탄 또는 그에 의한 다른 제품과는 본질적으로 반응하지 않아야 한다. 또한, 바닥 표면 덮개 (22) 는 소성인 경우 공급 원료 석탄에 의해 상당히 젖지 않아야 한다. 바람직하게는, 바닥 표면 덮개 (22) 는 공급 원료 석탄 또는 발포 중인 공급 원료 석탄을 상당 부분 흡수하지 않아야 한다. 일반적으로는 바닥 표면 덮개 재료는 용기 바닥과 공급 원료 석탄과 결과물인 고밀도 탄소 발포재 사이에서 양호한 열전달을 제공하는 것이 바람직하다. 적절한 바닥 덮개 재료 (22) 는 금속 포일 및 시트, 비다공성 또는 글레이즈 세라믹판, 페이퍼 또는 시트 등을 포함할 수 있다. 바닥 표면 덮개에는 통상적으로 작은 직경을 갖는 하나의 이상의 구멍이 나 있을 수도 있다. 다른 실시형태에서는 흑연, 탄소, 포일 또는 상기 논의한 바닥 표면 덮개의 특성을 만족시키는 바닥 시트를 포함할 수도 있다. 일반적으로 공급 원료 석탄과 접촉하고 있는 바닥 표면 덮개 (22) 의 매끈한 표면에는 실질적으로 먼지, 입자, 부스러기, 석탄 잔유물 및 사용 이전의 다른 오염 물질이 없는 것이 바람직하다.

&lt;20&gt;

통상적으로, 용기 내에 일단 위치하게 되면, 분쇄 석탄 (14) 은 용기 바닥에 균일하게 분포한다. 어떤 실시 형태에서는, 결과물인 석탄층은 압착될 수도 있다. 압착은 분쇄 석탄층을 조밀하게 한다. 그러한 조밀화는 고밀도 탄소 발포재의 밀도를 증가시킨다. 압착은 또한 고밀도 탄소 발포재 상에 또는 고밀도 탄소 발

포재 내에 균열, 틈 또는 다른 공극 체적이 형성되는 것을 막아준다. 압착은 다짐 (tamping), 진동 또는 분쇄 석탄 입자를 압착하는 힘 (압착력 등) 을 적용함으로써 이루어질 수 있다. 통상적으로는, 압착력은 석탄 층이 자체지지형 응집성 덩어리가 되도록 하는 데는 충분하지 않다. 하지만, 다른 실시예에서는, 석탄층이 자체지지형 응집성 덩어리가 되도록 하는데 압착력이 충분할 수도 있다. 실시예들에 있어서, 석탄층이 자체지지형 응집성 덩어리가 되도록 하는데 충분한 압착력이 사용되는 경우에는, 석탄은 용기 (12) 내에 삽입되기 전에 압착될 수 있다.

&lt;21&gt;

용기 (12) 내에 위치하게 된 후, 석탄층의 상부면 (18) 은 강성 시트 재료 (16) 로 선택적으로 덮일 수 있다. 강성 시트 재료 (16) 는 매끈한 고형체 표면으로 된 하나 이상의 면을 갖는 금속 시트, 금속판 또는 다른 재료일 수도 있다. 매끈한 고형체 표면은 석탄 공급 원료층에 대향하여 위치하는 것이 바람직하다. 적절한 강성 금속 시트, 금속판 및 다른 재료들은 고밀도 탄소 발포재의 제조에 사용되는 공정 온도 및 압력을 견딜 수 있어야 한다. 또한, 강성 시트 재료 (16) 는 공급 원료 석탄 또는 그에 의한 다른 제품들과 본질적으로 반응하지 않아야 한다. 또한, 강성 시트 재료 (16) 는 소성 공급 원료 석탄에 의해 상당 부분 젖지 않아야 한다. 바람직하게는, 강성 시트 재료 (16) 는 소성 공급 원료 석탄을 상당 부분 흡수해서는 안된다. 특정 실시예에서는, 강성 시트 재료 (16) 는 강성 시트 재료 상부의 대기와 강성 시트 재료 하부의 공급 원료 석탄 또는 결과물인 고밀도 탄소 발포재 사이의 양호한 열전달을 제공해 줄 수 있다. 적절한 강성 시트 재료 (16) 는 금속 시트, 금속판, 비단공성 또는 글레이즈 세라믹판 또는 시트 등을 포함할 수 있다. 다른 실시 형태에서는 흑연, 탄소, 또는 상기 바탕 표면 덮개의 특성을 만족시키는 바탕 시트를 포함할 수도 있다. 일반적으로 공급 원료 석탄과 접촉하고 있는 강성 시트 재료의 매끈한 표면은 실질적으로 먼지, 입자, 부스러기, 석탄 잔유물 및 사용 이전의 다른 오염 물질로부터 자유로운 것이 바람직하다. 적절한 강성 시트 재료 (16) 의 예는 1/16" 두께의 알루미늄판, 1/8" 두께의 알루미늄판, 및 약 0.070" 두께의 316 스테인리스강 시트를 포함하며, 이에 한정되는 것은 아니다.

&lt;22&gt;

원하는 바에 따라, 석탄층 덮개 (20) 는 석탄층의 상부 (18) 및 강성 시트 재료 (16) 의 바탕 표면 사이에 사용될 수도 있다. 바탕 표면 덮개로 사용된 것과 동일한 종류의 재료가 석탄층 덮개 (20) 로 사용될 수도 있다. 예컨대, 석탄층 (14) 및 강성 시트 재료 (16) 사이에는 알루미늄 포일이 위치할 수도 있다. 그렇게 위치하는 경우, 그러한 재료들은 바탕 표면 덮개와 매우 동일한 기능을 수행한다. 따라서, 이러한 재료들의 사용 가능한 종류 및 원하는 특성은 바탕 표면 덮개에 대해서와 본질적으로 동일하다.

&lt;23&gt;

일반적으로는 강성 시트 재료가 사용되는 경우 이에 의해 석탄층에 가해지는 압축력은 최적화되는 것이 바람직하다. 일반적으로, 강성 시트 재료에 의해 가해지는 압축력이 증가할수록 주어진 공정 조건 설정에 대해 결과물인 고밀도 탄소 발포재의 밀도도 증가할 수 있다. 하지만, 압축력은 비단공질 덩어리를 형성하는 연화된 석탄이 나타날 정도로 커서는 안 된다. 그러한 비단공질 덩어리가 형성되는 경우, 연화된 석탄은 가열 단계 동안 팽창하여 저밀도 탄소 발포재를 형성할 수도 있다. 압축력의 최대값을 제한하는 다른 요소들로는 예컨대 실용성, 용기 크기 및 열전달 한도 등이 있다. 유효 압축력은 클 필요는 없다. 예컨대, 석탄층 상부 표면에서 약 0.02 lb/in<sup>2</sup> 정도의 작은 힘도 몇몇 석탄 및 공정 조건에 대해서 조밀한 탄소 발포재의 형성에 실제적으로 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 다른 석탄 및 공정 조건에 대해서는, 0.2 lb/in<sup>2</sup> 의 힘이 매우 고품질의 조밀한 탄소 발포재를 만들어낼 수 있다. 강성 시트 재료의 질량을 증가시킴으로써 압축력을 증가시킬 수도 있다. 강성 시트 재료를 증가시키면 종종 그 두께가 증가하는데, 이는 저밀도 열전달 능력의 원치 않는 결과로 이어질 수 있다.

&lt;24&gt;

강성 시트 재료의 질량 및 석탄층에 대한 압축력을 증가시키기 위해 그 두께를 증가시키지 않고, 하나 이상의 중량부를 사용하여 압축력이 증가 될 수도 있다. 상기 하나 이상의 중량부는 압축력을 증가시키기 위해 상부 표면상에 놓이거나 강성 시트 재료에 연결될 수 있다. 원하는 바에 따라, 중량부는 다리 등의 돌출부를 가질 수 있어서 중량부의 질량은 강성 시트 재료에 의해 석탄층에 가해지는 압축력에 기여하게 되지만, 강성 시트 재료와 상당 부분 접촉하지는 않는다. 이러한 방법 및 유사한 방법에 의해, 중량부의 사용은 강성 시트 재료 상부의 대기와 강성 시트 재료 하부의 공급 원료 석탄 또는 결과물인 고밀도 탄소 발포재 사이의 열전달에 대한 영향을 최소화할 수 있다.

&lt;25&gt;

용기 (12) 의 덮개 (24) 는 용기 상에 놓여 석탄층 (14) 을 덮고 있을 수 있다. 일반적으로 석탄을 둘러싸고 있는 가스 체적 내에서 석탄에 의해 배출되는 휘발성 재료는 가능한 많이 유지되는 것이 바람직하다. 덮개 (24) 와 용기 (12) 의 결합이 이러한 유지를 촉진한다. 이론에 구속됨이 없이, 그러한 유지는 상승 온도에서의 석탄의 연화를 촉진시키는 것으로 판단된다. 덮개를 포함하지 않는 용기는 석탄을 둘러싸고 있는 가

스 체적 (즉, 대기) 내에서 방출된 휘발성 가스를 일정 시간 이상 동안 유지하기 위한 설비를 갖는 것이 바람직하다.

<26> 분쇄 석탄 (14) 및 용기 (12) 는 그 후 제 1 상승 온도로 가열될 수 있다. 가열은 상승 온도에서 석탄에 의해 방출된 가스 또는 증기를 제외하고는 본질적으로 비활성, 비산화성, 또는 비반응성인 대기 하에서 이루어지는 것이 바람직하다. 그러한 대기는 예컨대 질소, 네온, 아르곤, 크세논, 이산화탄소 등을 부분적으로 또는 전체적으로 포함할 수 있다. 이러한 대기의 압력은 국소 환경의 압력 (약 0 psig) 에서부터 500 psig 이상의 범위에 있는 임의의 압력일 수 있다. 제 1 상승 온도의 크기는 석탄 입자가 연화 (즉, 소성) 되고, 적어도 일부분은 용융되어 (즉, 적어도 일부분은 액화되어) 상호 혼합되기에 충분하며 이 온도에서 개별 석탄 입자가 실질적으로 그 개별 특성을 잃고 실질적으로 서로 균질해져서 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료를 형성하게 된다. 용융 및 상호 혼합에 의해 석탄 입자들이 개별 특성 또는 동일성을 잃고 연속적인 개방 셀 구조를 형성하게 되는 정도는, 제 1 상승 온도 이상으로 온도가 증가함에 따라 일반적으로 증가한다.

통상적으로는, 석탄 입자가 용융 및 상호 혼합되는 정도가 클수록 고밀도 탄소 발포재의 강도 역시 커진다.

따라서, 공정의 제어 한계 범위 내에서 제 1 상승 온도 정도의 온도를 사용하는 것이 바람직하다. 석탄을 너무 높은 온도, 즉 제 1 상승 온도보다 더 높은 온도로 가열하면 석탄 입자들이 서로 용융되어 일반적으로 균질한, 폐쇄 셀 탄소 재료가 형성된다. 이 폐쇄 셀 탄소 재료는 계속 가열하면 점밀도 탄소 발포재 또는 코크 (coke) 가 된다.

<27> 따라서, 제 1 상승 온도는 폐쇄 셀 탄소 재료가 생성되는 온도보다는 낮다. 특정 실시형태에서는, 제 1 상승 온도는 폐쇄 셀 탄소 재료가 생성되는 온도 약간 아래의 온도이다. 공정 조건 또는 다른 이유로 인해, 상승 온도에서 요구되는 유동성을 나타내지 못하여 폐쇄 셀 탄소 재료를 형성하게 되는 그러한 석탄에 대해서, 제 1 상승 온도는 석탄의 연화를 최대화하는 온도가 된다. 특정 실시형태에서는, 이러한 상승 온도는 결과물인 고밀도 탄소 발포재의 밀도가 최대가 되도록 한다.

<28> 석탄층은 석탄층의 일부가 약간만 연화되기에 충분한 온도를 얻을 때까지만 상대적으로 높은 (빠른) 속도로 가열될 수 있다. 그 온도에서부터 제 1 상승 온도로, 석탄층을 포함하는 석탄 덩어리 내에 상당한 온도 변화가 발생하지 않을 정도의 속도로 가열이 수행된다. 석탄층을 포함하는 석탄 덩어리 내에 발생하는 그러한 온도 변화는 보통 결과물인 고밀도 탄소 발포재를 균열시키고 그리고/또는 발포재 내의 다른 비균일 특성이 나타나도록 한다. 제 1 상승 온도에서의 석탄층의 가열 공정 동안, 석탄층을 포함하는 석탄 덩어리는 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료로 변형된다.

<29> 일단 탄소 재료가 제 1 상승 온도에 도달하면, 결과물인 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료는 더 이상 소성이 아니거나 소성화 될 수 없을 때까지, 그 온도 또는 그보다 낮은 온도에서 가열이 계속된다. 즉, 일반적으로 균질하고 비소결인, 개방 셀 탄소 재료가 더 이상 실질적으로 연화될 수 있는 소성 재료가 아닐 때까지 가열은 계속된다. 선택적으로는, 제 1 상승 온도 이상으로 온도가 증가할수록 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료의 열가소성 특성이 감소하게 되는 속도에서 가열이 이루어지는 경우에는, 그러한 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료는 제 1 상승 온도보다 높은 온도로 가열될 수도 있다. 즉, 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료가 제 1 상승 온도일 때보다 더 높은 온도에서 더 이상 연화 또는 소성이 일어나지 않는 경우에는, 상기 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료는 제 1 상승 온도보다 높은 온도에서 가열될 수도 있다. 상기 탄소 재료는, 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료의 소성 특성이 본질적으로 제거되기에 충분한 시간 동안 그러한 상승 온도에서 가열될 수 있다.

<30> 일단 일반적으로 균질하고 비소결인 개방 셀 탄소 재료가 본질적으로 더 이상 소성이 아니게 되면, 생산되는 재료는 고밀도 탄소 발포재가 된다. 원하는 바에 따라, 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 본질적으로 주위 온도로 냉각되거나, 즉시 또는 그 후 약 3200°C 의 높은 온도로 가열되었다가 냉각될 수도 있다. 생산되는 고밀도 탄소 발포재의 다양한 특성은 상승 온도에서의 그러한 가열 및 이어지는 냉각 후의 제조에 의해 훨씬 향상된다. 그러한 특성으로는, 압축 강도 등의 기계적인 강도 및 전기 전도성이 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 어떤 실시형태에서는, 그러한 제 2 상승 온도는 약 700°C 초과, 더 일반적으로는 약 950°C 초과가 된다. 예컨대 발포재 내에서 상당한 열적 변화가 발생하는 결과, 발포재의 원치 않는 균열 또는 다른 악화가 발생하지 않도록 하는 속도에서 가열과 냉각이 모두 수행된다. 특정 실시형태에서는, 그러한 가열 또는 냉각이 본질적으로 비활성, 비산화성 또는 비반응성인 대기 하에서 이루어질 수도 있다.

<31> 주어진 석탄에 대해, 제 1 상승 온도 값은 여러 공정 변수들에 의해 영향을 받는다. 일반적으로, 더 높은 공정 대기 압력은 본 발명의 고밀도 탄소 발포재 형성에 적합한 온도의 범위를 넓히고 온도 범위 값을 낮추게

된다. 즉, 공정 대기 압력이 증가할수록 제 1 상승 온도 값은 감소하고, 더 넓은 온도 범위가 제 1 상승 온도로 사용 가능하게 된다.

<32> 또한, 상승 온도에서 오랫동안 가열하면, 그 상승 온도가 제 1 상승 온도 미만이거나 또는 동일한 온도라도, 석탄의 소성 특성이 감소하여 제 1 상승 온도는 더 높은 온도 값으로 바뀌게 된다. 어떤 경우에는, 상승 온도에서의 오랜 시간 동안의 가열의 결과로, 석탄은 다른 방법으로 생산된 경우만큼 조밀한 고밀도 탄소 발포재를 생산할 정도로 충분히 소성이 되지 못할 수 있다. 제 1 상승 온도보다 현저히 낮은 상승 온도에서의 가열이 과도하게 긴 경우에는, 탄소 발포재가 아닌 소결 제품이 생산될 수 있다. 그러한 소결 제품은 고밀도 탄소 발포재와 비교할 때 낮은 강도를 나타낼 수 있다.

<33> 모든 석탄의 소성 특성은 충분한 크기의 상승 온도에 노출됨으로써 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서, 어떤 실시형태에서는, 가열시 높은 유동성을 나타내는 석탄에 대한 제 1 상승 온도로서 사용 가능한 온도는 매우 좁은 온도 범위로 제한될 수도 있다. 역으로, 다른 실시형태에서는, 가열시 낮은 유동성을 나타내는 석탄에 대한 제 1 상승 온도로서 사용 가능한 온도는 더 넓은 범위에서 선택될 수 있다.

<34> 역청탄에 대해서, 제 1 상승 온도는 대략, 아르누/루르 (Arnu/Ruhr) 팽창계 (ASTM D5515 "팽창계를 사용한 역청탄의 팽창 특성의 판정을 위한 표준 시험법")를 사용하여 판정되는 "최초 팽창 온도"가 된다. "최초 팽창 온도" 값은 시험되는 각 석탄 샘플마다 특유하다. 상기 검토한 바와 같이, 석탄이 고밀도 탄소 발포재를 형성하게 되는 공정 조건은 최적의 제 1 상승 온도가 명백한 온도에 영향을 줄 수 있다. 제 1 상승 온도로 느리게 가열하는 것은 이러한 온도값을 "최초 팽창 온도" 이상의 온도로 증가시킬 수도 있다. 높은 공정 기압 하에서의 석탄 덩어리의 가열은 상기 최적 제 1 상승 온도를 "최초 팽창 온도" 보다 상당히 낮은 값으로 감소시킬 수도 있다. 따라서, "최초 팽창 온도" 와 같은 값은 최적의 제 1 상승 온도의 선택 및 예측에 대해 몇 가지 안내를 제공하는 반면, 상기 공정 변수들은 최적의 제 1 상승 온도 값에 상당한 영향을 준다. 그와 같이, 최적의 제 1 상승 온도 및 다른 관련 공정 조건을 정하기 위해서는 특정 공급 원료 석탄 및 공정 조건 범위를 사용한 실험적인 조사를 하는 것이 좋다.

<35> 또한, 일반적으로 석탄 또는 결과물인 개방 셀 탄소 재료가 공정 시에 산소에 노출되는 것은 바람직하지 않다. 그러한 노출은 석탄에 의해 발생할 수 있는 유동성에 부정적인 영향을 주어 저급의 고밀도 탄소 발포재 제품이 만들어질 수 있다.

<36> 분쇄 석탄 입자로부터 직접 생산된 고밀도 탄소 발포재는 주성분으로 탄소를 가질 수 있다. 하지만, 다른 비휘발성 석탄 성분 또한 고밀도 탄소 발포재 재료에 존재할 수 있다. 고밀도 탄소 발포재는 재 함유량 또는, 고밀도 탄소 발포재가 제조되는 공급 원료의 재 함유량을 반영하는 재 성분을 나타낼 수 있다. 보통, 석탄 공급 원료에 대해, 그러한 재 함유량은 약 1 중량% 초과일 수도 있다. 일반적으로, 어떤 실시형태에서, 석탄으로부터 제조된 그러한 고밀도 탄소 발포재의 재 함유량은 약 1 ~ 20 중량% 범위의 값을 갖는다. 다른 실시형태에서는, 석탄으로부터 제조된 고밀도 탄소 발포재의 재 함유량은 약 2 ~ 20 중량% 범위의 값을 갖는다. 또 다른 실시형태에서는, 석탄으로부터 제조된 고밀도 탄소 발포재의 재 함유량은 약 5 ~ 20 중량% 범위의 값을 갖는다. 또한, 약 700°C 초과 및 더 일반적으로는 약 950°C 초과의 온도로 가열된 후에 주위 온도로 냉각되는 경우, 고밀도 탄소 발포재는 약 5,000 lbs/in<sup>2</sup> 초과, 어떤 경우는 약 10,000 lbs/in<sup>2</sup> 초과, 어떤 실시형태에서는 약 20,000 lbs/in<sup>2</sup> 초과의 압축 강도를 가질 수 있다. 특정 실시예에서는, 고밀도 탄소 발포재는 약 5,000 ~ 25,000 lbs/in<sup>2</sup> 범위의 압축 강도를 나타낼 수도 있다. 이러한 고밀도 탄소 발포재는 주로 등방성이다.

<37> 본 발명은 공급 원료로서 집적된 석탄을 사용하는 것에 대해 기술되었지만, 고밀도 탄소 발포재에 대한 공급 원료로서 다른 고형체 집적 탄소계 재료를 사용할 수도 있다. 분쇄 집적되어 가열시에 일시적으로 소성이 되는 고형체 탄소질 재료가 공급 원료로서 사용 가능하다. 예를 들면, 다른 공급 원료들도 가열시 적어도 일시적으로 소성이이며 집적되는 고형체 석탄 추출물, 수소화 석탄 추출물 및 중간상 (mesophase) 재료를 포함할 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 페놀 수지 등을 포함하는 석탄 피치, 합성 피치, 석유 피치, 중간상 피치 및 수지 등을 상기 하나 이상의 고형체 집적 재료 공급 원료와 조합되어 사용될 수 있다.

<38> 고밀도 탄소 발포재는 삭마 실드 (ablation shield), 열 차단벽, 요로 설비 (kiln furniture), 로켓 노즐, 충격 실드, 열교환기, 열 보호 시스템 등으로 유용하고, 다른 적용에 있어서 고밀도 탄소 발포재에 의해 나타나는 범위 내의 높은 압축 강도, 고온 내구력 및/또는 열전도성을 요하는 재료로서도 유용하다. 또한, 고밀도 탄

소 발포재는 이전에는 흑연이 사용되는 곳에도 사용될 수 있다.

<39> 이하의 실시예들은 본 발명의 특정 실시형태의 설명을 목적으로 제공된 것이며 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다.

#### 실시예 1

<41> 통상적으로 저희발성 역청탄으로 분류되는 접적된 역청탄은 약 140 메쉬 (U.S. 표준 체 시리즈) 미만의 입자 크기로 분쇄되었다. 이러한 분쇄된 석탄 부분은 바닥 표면 영역에서 약  $13 \text{ g/in}^2$  의 본질적으로 균일한 하중을 제공하기 위해 평평한 용기 바닥에 위치하였다. 석탄의 주입 전에 용기에는 알루미늄 포일 바닥면 덮개가 설치되었다. 결과물인 석탄층은 그 후 수 인치 높이에서 여러번 떨어뜨려 용기 내에서 압축되었다. 다음으로, 결과물인 압축된 석탄층은 석탄층 덮개를 제공하기 위해 알루미늄 포일 시트로 덮였다. 그 후 1/8 인치 두께의 알루미늄 판이 석탄층 덮개 위에 놓였다. 알루미늄 판에는 중량부를 부가하여 약  $0.11 \text{ lb/in}^2$  의 압축력이 역청탄층 상부에 가해졌다. 그 후 용기 덮개가 용기 위에 덮였다.

<42> 주위 압력에서 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서, 용기는 그 후 주위 온도로부터 약  $410^\circ\text{C}$  까지 약  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  의 속도로 가열되었다. 다음으로, 용기는 약  $410^\circ\text{C}$  부터 약  $490^\circ\text{C}$  까지 약  $0.25^\circ\text{C}/\text{min}$  의 속도로 가열되었다. 용기는 그 후 약  $490^\circ\text{C}$ 에서 약 8 시간 동안 유지되었다. 이러한 가열 후, 용기는 약  $2.5^\circ\text{C}/\text{min}$  이하의 속도로 주위 온도로 냉각되었다.

<43> 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 그 후 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서 약  $1100^\circ\text{C}$  초과의 온도로 가열되었다. 결과물인 탄소 발포재 부분은 약  $1.33 \text{ g/cc}$  의 밀도 및 약  $7,900 \text{ lbs/in}^2$  의 압축 강도를 나타냈다.

#### 실시예 2

<45> 실시예 1에 사용된 것과 동일한 종류의 역청탄이 약 140 메쉬 (U.S. 표준 체 시리즈) 미만의 입자 크기로 분쇄되었다. 이러한 분쇄 석탄 부분은 바닥 표면 영역에서 약  $13 \text{ g/in}^2$  의 본질적으로 균일한 하중을 제공하기 위해 평평한 용기 바닥에 위치하였다. 석탄의 주입 전에 용기에는 알루미늄 포일 바닥면 덮개가 설치되었다. 다음으로, 결과물인 압축된 석탄층은 석탄층 덮개를 제공하기 위해 알루미늄 포일 시트로 덮였다. 그 후 1/8 인치 두께의 알루미늄 판이 석탄층 덮개 위에 놓였다. 알루미늄 판에는 중량부를 부가하여 약  $0.025 \text{ lb/in}^2$  의 압축력이 역청탄층 상부에 가해졌다. 그 후 용기 덮개가 용기 위에 덮였다.

<46> 약  $400 \sim 430 \text{ psig}$ 의 압력에서 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서, 용기는 그 후 도 2에 도시된 온도 분포를 사용하여 가열되었다. 이러한 가열 후, 용기는 서서히 주위 온도로 냉각되었다. 냉각시, 용기 온도가 약  $100^\circ\text{C}$  일 때, 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기의 압력은 대략 주위 압력으로 감소되었다.

<47> 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 그 후 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서 약  $1100^\circ\text{C}$  초과의 온도로 가열되었다. 결과물인 탄소 발포재 부분은 약  $1.39 \text{ g/cc}$ 의 밀도 및 약  $10,200 \text{ lbs/in}^2$ 의 압축 강도를 나타냈다.

#### 실시예 3

<49> 실시예 1에 사용된 것과 동일한 종류의 역청탄이 약 140 메쉬 (U.S. 표준 체 시리즈) 미만의 입자 크기로 분쇄되었다. 이러한 분쇄 석탄 부분은 용기 바닥 표면 영역에서 약  $13 \text{ g/in}^2$ 의 본질적으로 균일한 하중을 제공하기 위해 평평한 용기 바닥에 위치하였다. 석탄의 주입 전에 용기에는 알루미늄 포일 바닥면 덮개가 설치되었다. 다음으로, 결과물인 압축된 석탄층은 석탄층 덮개를 제공하기 위해 알루미늄 포일 시트로 덮였다. 그 후 1/8 인치 두께의 알루미늄 판이 석탄층 덮개 위에 놓였다. 알루미늄 판에는 중량부를 부가하여 약  $0.12 \text{ lb/in}^2$ 의 압축력이 역청탄층 상부에 가해졌다. 그 후 용기 덮개가 용기 위에 덮였다.

<50> 약  $400 \sim 460 \text{ psig}$ 의 압력에서 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서, 용기는 그 후 도 3에 도시된 온도 분포를 사용하여 가열되었다. 이러한 가열 후, 용기는 서서히 주위 온도로 냉각되었다. 냉각시, 용기 온도가 약  $100^\circ\text{C}$  일 때, 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기의 압력은 대략 주위 압력으로 감소되었다.

<51> 결과물인 고밀도 탄소 발포재는 그 후 본질적으로 비활성, 비산화성인 대기 하에서 약  $1050^\circ\text{C}$ 의 온도로 가열되

었다. 결과물인 탄소 발포재 부분은 약 1.48 g/cc 의 밀도 및 약 17,300 lbs/in<sup>2</sup> 초과의 압축 강도를 나타냈다.

<52> 본 발명은 특정 실시형태에 대하여 상기에 상세히 설명되었지만, 이하의 청구항에 의해서만 본 발명의 범위가 한정된다.

### 도면의 간단한 설명

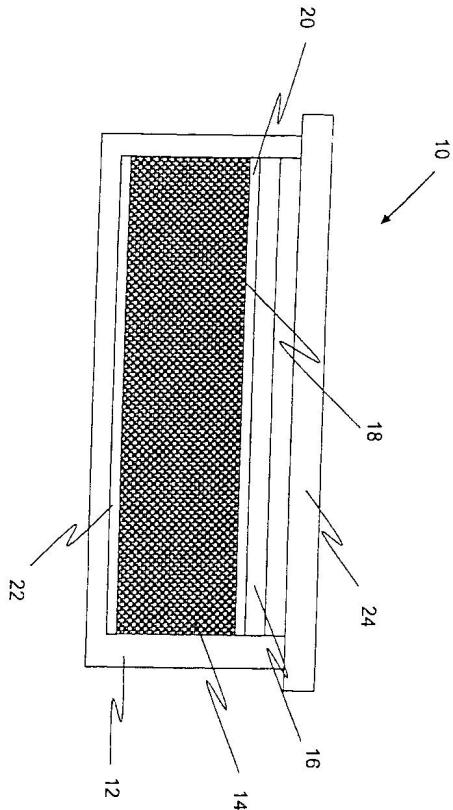
<14> 도 1 은 본 발명의 실시형태에 따른 분쇄 석탄으로 채워진 용기의 개략적인 단면도.

<15> 도 2 는 석탄을 가열하여 실시예 2 의 고밀도 탄소 발포재를 생산하는데 걸린 시간에 따른 온도 분포를 나타내는 도.

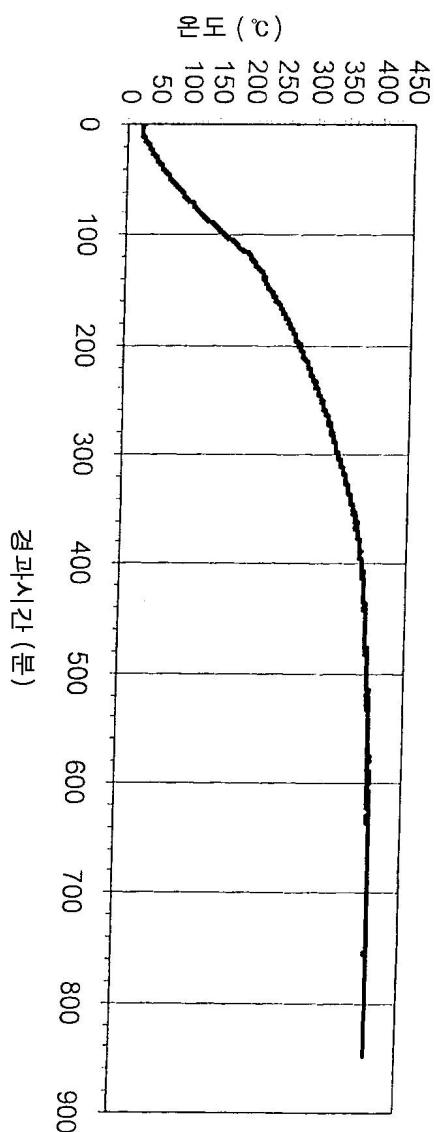
<16> 도 3 은 석탄을 가열하여 실시예 3 의 고밀도 탄소 발포재를 생산하는 데 걸린 시간에 따른 온도 분포를 나타내는 도.

### 도면

#### 도면1



도면2



도면3

