



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0068114
(43) 공개일자 2008년07월22일

- (51) Int. Cl.
B28B 3/20 (2006.01) C04B 14/38 (2006.01)
C04B 38/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7014038
- (22) 출원일자 2008년06월11일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2008년06월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2006/028530
국제출원일자 2006년07월21일
- (87) 국제공개번호 WO 2007/061457
국제공개일자 2007년05월31일
- (30) 우선권주장
11/322,777 2005년12월30일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
지이오2 테크놀로지스 인코포레이티드
미국 메사추세츠주 우번 캐봇 로드 12알
- (72) 발명자
주베리, 빌랄
미국, 메사추세츠 02141, 캠프릿지, #1008, 뮤지엄 웨이 8
라체나우어, 로버트, 지.
미국, 메사추세츠, 웨스톤, 새들 힐 로드 27
필라이, 썬닐쿠마르, 씨.
미국, 메사추세츠 01862, 노스 빌러리카, 파몬트 파크 208
- (74) 대리인
특허법인가산

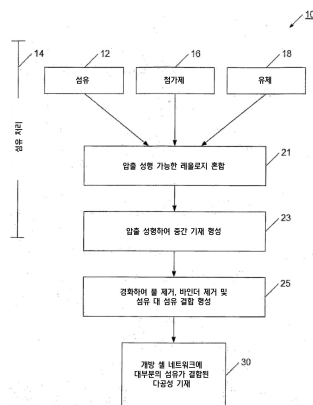
전체 청구항 수 : 총 108 항

(54) 다공성 기체의 압출 성형 시스템

(57) 요약

압출 성형 공정을 사용하여 고다공성 기체를 생성하는 압출 성형 가능한 혼합물이 제공된다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 압출 성형 및 경화될 때 매스에 혼합된 유기, 무기, 글래스, 세라믹 또는 금속 섬유와 같은 섬유가 고다공성 기체를 형성하는 것을 가능하게 한다. 특성 혼합물에 따라, 본 발명은 약 60% 내지 90%의 다공성의 기체를 가능하게 할 뿐만 아니라 다른 다공성에서 공정상의 이득(process advantage)을 가능하게 한다. 압출 성형 가능한 혼합물은 다양한 범위의 섬유 및 첨가제를 사용하며, 다양한 종류의 동작 환경 및 용도에 적용될 수 있다. 1보다 작은 중형비를 가지는 섬유는 기체의 요구에 따라 선택되며, 바인더, 기공 형성제, 압출 성형 보조제 및 유체와 혼합되어 균일한 압출 성형 가능한 매스를 형성한다. 균일한 매스는 중간 기체로 압출 성형된다. 휘발성이 좋은 물질은 바람직하게 중간 기체에서 제거되며, 이는 섬유가 서로 연결되고 컨택하는 것을 허용한다. 경화 공정이 진행됨에 따라, 섬유 대 섬유 결합이 형성되어 실질적으로 개방 기공 네트워크를 가지는 기체를 형성한다. 최종 다공성 기체는 다양한 용도, 예를 들어, 필터 또는 촉매 호스트의 기체 또는 촉매 컨버터에 유용하다.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

11/323,429 2005년12월30일 미국(US)

11/323,430 2005년12월30일 미국(US)

60/737,237 2005년11월16일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

신장된 섬유로 주 구성된 세라믹 물질;

바인더 물질; 및

유체를 포함하되,

상기 신장된 섬유, 상기 바인더 물질 및 상기 유체는 균일한 매스(mass)인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 세라믹 물질은 균일한 매스의 약 20 부피% 보다 적은 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 압출 성형 가능한 물질은 무기질 클레이, 나노클레이, 콜로이드, 글래스, 또는 비-섬유 세라믹 전구체를 더 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 세라믹 물질은 균일한 매스의 약 40 부피% 보다 작은 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 세라믹 물질은 균일한 매스의 약 15 부피% 내지 약 30 부피% 범위인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 6

제 1항에 있어서,

실질적으로 상기 신장된 섬유 전부는 약 5보다 크고 약 200보다 작은 종횡비를 가지는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 7

제 1항에 있어서,

실질적으로 상기 신장된 섬유 전부는 약 10 내지 약 1000 범위의 종횡비를 가지는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 세라믹 물질은 세라믹 전구체를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 신장된 섬유는 도 6a의 표1 에 정의되는 그룹으로부터 선택되는 세라믹 섬유인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 10

1보다 큰 종횡비를 가지는 섬유;

바인더 물질; 및

유체를 포함하되,

상기 섬유, 상기 바인더 물질 및 상기 유체는 균일한 매스인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 약 3 내지 약 1000 범위에서 단일 모드(mode)의 중횡비 분포를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 약 3 내지 약 1000 범위에서 양측 모드를 가지는 다모드의 중횡비를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 13

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 세라믹 섬유인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 14

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 유기 섬유, 폴리머 섬유, 무기 섬유, 금속 섬유, 글래스 섬유, 글래스-세라믹 섬유, 산화물 세라믹, 비산화물 세라믹, 비결정성, 폴리결정성, 금속 합금을 포함하는 그룹에서 선택되는 실질적으로 단일 섬유 형태인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 15

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 유기 섬유, 폴리머 섬유, 무기 섬유, 금속 섬유, 글래스 섬유, 글래스-세라믹 섬유, 산화물 세라믹, 비산화물 세라믹, 비결정성, 폴리결정성, 금속 합금을 포함하는 그룹에서 선택되는 다수 섬유 형태의 혼합물인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 16

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 코팅된 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 17

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 상기 압출 성형 가능한 혼합물의 약 15 부피% 내지 30 부피%인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 18

제 10항에 있어서,

상기 섬유는 상기 압출 성형 가능한 혼합물의 약 8 부피% 내지 약 40 부피%인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 19

제 10항에 있어서,

상기 균일한 매스는 도 6e의 표 5의 a, b, c, d 지점에 의해 경계가 지어지는 영역의 레올로지 세트를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 20

제 10항에 있어서,
상기 섬유는 금속 섬유인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 21

제 10항에 있어서,
상기 섬유는 도 6a의 표 1에 정의되는 그룹에서 선택되는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 22

제 10항에 있어서,
기공 형성제를 더 포함하되,
상기 무기질 섬유, 바인더 물질, 기공 형성제 및 유체는 균일한 매스인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 23

제 22항에 있어서,
상기 기공 형성제는 도 6c의 표 3에 정의된 그룹에서 선택되는 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 24

세라믹 물질, 유기 바인더 및 유체를 포함하며, 균일한 압출 성형 가능한 매스를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물로서,
상기 세라믹 물질은 상기 매스의 약 40 부피%보다 작은 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 25

제 24항에 있어서,
상기 세라믹 물질은 상기 매스의 약 30 부피% 이하인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 26

제 24항에 있어서,
상기 세라믹 물질은 폴리-결정성 섬유, 단결정성 휘스커, 또는 비결정성 섬유인 압출 성형 가능한 혼합물.

청구항 27

신장된 세라믹-물질 섬유, 바인더 물질 및 유체를 균일한 매스로 혼합하는 단계;
상기 균일한 매스를 중간 기재(green substrate)로 압출 성형하는 단계; 및
상기 중간 기재를 다공성 기재로 경화하는 단계를 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 28

제 27항에 있어서,
상기 혼합하는 단계는 약 40 부피% 이하의 세라믹-물질 섬유를 사용하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 29

제 27항에 있어서,
상기 혼합하는 단계는 약 20 부피% 이하의 세라믹-물질 섬유를 사용하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방

법.

청구항 30

제 27항에 있어서,

상기 혼합하는 단계는 전단 혼합기의 사용을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 31

제 27항에 있어서,

상기 혼합하는 단계는 기공 형성제를 사용하여 상기 균일한 매스를 형성하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 32

제 27항에 있어서,

다수의 바인더를 선택하는 단계를 더 포함하되,

상기 선택된 각 바인더는 다른 바인더와 비교하여 서로 다른 열적 분해 온도를 가지는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 33

제 27항에 있어서,

경화하기 이전에 중간 기재의 변형을 방지하도록 충분한 중간 강도(green strength)를 제공하는 바인더를 선택하는 단계를 더 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 34

제 27항에 있어서,

실질적으로 모든 섬유가 부피에 의해 5를 넘는 중형비를 가지도록 섬유를 선택하는 단계를 더 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 35

제 34항에 있어서,

상기 세라믹-물질은 미세 물질 또는 단(short) 물질을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 36

제 34항에 있어서,

상기 세라믹 물질은 미세 물질 또는 단물질을 실질적으로 미함유하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 37

제 27항에 있어서,

상기 경화 단계는 교차하는 섬유들 사이의 결합을 형성하여 다공성 기재의 구조체를 형성하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 38

제 37항에 있어서,

실질적으로 모든 상기 교차하는 섬유들은 결합되어 있는 다공성의 기재의 제조 방법.

청구항 39

제 37항에 있어서,

상기 교차하는 섬유층의 일부는 결합되지 않은 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 40

무기 섬유, 바인더 물질 및 유체를 균일한 매스로 형성하는 단계;

상기 균일한 매스를 중간 기재로 압출 성형하는 단계; 및

상기 중간 기재를 다공성 기재로 경화하는 단계를 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 41

제 40항에 있어서,

상기 경화 단계는 오버랩되는 무기 섬유 사이의 결합을 형성하여 다공성 기재의 강성 구조체를 형성하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 42

제 40항에 있어서,

상기 결합은 고체 상태의 소결 결합; 액체-조력 소결 결합; 또는 글래스, 글래스-세라믹 또는 세라믹 결합인 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 43

제 40항에 있어서,

상기 경화 단계는 실질적으로 상기 유기 물질 및 상기 유체 모두를 연소하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 44

제 40항에 있어서,

상기 무기 섬유는 결합을 형성하여 개방 기공 네트워크를 형성하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 45

제 40항에 있어서,

상기 압출 형성 단계는 다이를 통하여 상기 압출 성형 가능한 혼합물을 밀어내는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 46

제 40항에 있어서,

상기 압출 형성 단계는 피스톤 또는 스크류 압출기를 사용하여 다이를 통하여 상기 압출 성형 가능한 혼합물을 밀어내는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 47

제 40항에 있어서,

상기 압출 성형 단계는 상온 또는 승온된 온도에서 동작하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 48

도 6a의 표 1에서 섬유 물질을 선택하는 단계;

도 6b의 표 2에서 바인더를 선택하는 단계;

도 6d의 표 4에서 유체를 선택하는 단계;

상기 섬유 물질을 처리하는 단계;

상기 섬유 물질, 상기 바인더 및 상기 유체를 균일한 매스로 혼합하는 단계;

상기 균일한 매스의 레올로지를 압출 성형 가능하도록 조절하는 단계;

상기 균일한 매스를 중간 기재로 압출 성형하는 단계; 및

상기 중간 기재를 다공성 블록으로 경화하는 단계를 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 49

제 48항에 있어서,

상기 처리 단계는 상기 혼합 단계에서 적어도 일부 수행되어, 상기 혼합 단계는 신장된 섬유를 짧은 섬유로 절단하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 50

제 48항에 있어서,

상기 처리 단계는 압출 성형을 조력하는 유기 물질로 상기 섬유를 코팅하는 단계를 더 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 51

제 48항에 있어서,

상기 처리 단계는 섬유 물질 및 유체의 슬러리를 형성하고, 및 상기 섬유 물질을 강하게 교반하여 신장된 섬유를 짧은 섬유로 절단하는 것을 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 52

제 51항에 있어서,

상기 슬러리는 분산 보조제, 압출 성형 보조제 또는 강화 보조제를 더 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 53

제 48항에 있어서,

기공 형성제, 강화제, 유백제(opacifier), 압출 성형 보조제, 분산제, pH 조절제, 무기 바인더, 클레이, 담층(washcoat) 물질 및 촉매를 포함하는 그룹에서 선택된 첨가제를 선택하는 단계; 및

상기 첨가제를 상기 균일한 매스에 혼합하는 단계를 더 포함하는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 54

중간 기재에서 유체를 제거하는 단계;

유기 물질을 연소하는 단계;

섬유들 사이의 결합을 형성하는 단계; 및

기체에 섬유질의 개방 기공 네트워크를 형성하는 단계를 포함하는 중간 기재를 다공성 블록내에 경화시키는 방법.

청구항 55

제 54항에 있어서,

상기 결합은 고체 상태 소결 결합; 액체-조력 소결 결합; 또는 글래스, 글래스-세라믹 또는 세라믹 결합인 중간 기재를 다공성 블록내에 경화시키는 방법

청구항 56

제 54항에 있어서,

유기 물질이 연소됨에 따라, 상기 섬유는 교차 네트워크 내로 재배열되는 중간 기재를 다공성 블록내에 경화시키는 방법

청구항 57

제 54항에 있어서,

무기 첨가 물질을 사용하여 섬유질의 개방 기공 네트워크의 일부를 형성하는 단계를 더 포함하는 중간 기재를 다공성 블록내에 경화시키는 방법

청구항 58

제1 섬유 혼합물, 첨가제 및 유체를 포함하는 제1 압출 성형 가능한 혼합물을 형성하는 단계;

제2 섬유 혼합물, 첨가제 및 유체를 포함하는 제2 압출 성형 가능한 혼합물을 형성하는 단계;

압출기에서 상기 제1 압출 성형 가능한 혼합물을 상기 제2 압출 성형 가능한 혼합물에 인접하여 배열하는 단계;

상기 제1 및 제2 압출 성형 가능한 혼합물을 중간 기재로 압출 성형하는 단계; 및

상기 중간 기재를 경화하는 단계를 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 59

제 58항에 있어서,

상기 경화 단계는 교차하는 섬유들 사이에 결합을 형성하여 다공성 기재 구조체를 형성하는 것을 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 60

제 59항에 있어서,

상기 결합의 적어도 일부는 제1 압출 성형 가능한 혼합물의 하나 이상의 섬유와 교차하는 제2 압출 성형 가능한 혼합물의 하나 이상의 섬유로부터 형성되는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 61

제 59항에 있어서,

상기 결합은 고체 상태 소결 결합; 액체-조력 소결 결합; 또는 글래스, 글래스-세라믹 또는 세라믹 결합인 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 62

제 58항에 있어서,

상기 형성 및 배열 단계는 제1 압출 성형 가능한 혼합물을 실린더 형태로 형성하는 단계와

제 2 압출 성형 가능한 혼합물을 상기 실린더를 감싸는 동심원 층으로 배열하는 단계를 더 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 63

제 58항에 있어서,

상기 형성 및 배열 단계는 압출 성형 가능한 혼합물을 제1 펠렛으로 형성하는 단계와,

제2 압출 성형 가능한 혼합물을 제2 펠렛으로 형성하는 단계와,

튜브를 제1 펠렛으로 채우는 단계와,

상기 튜브를 상기 제2 펠렛으로 감싸는 단계와,
상기 튜브를 제거하는 단계를 더 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 64

제 63항에 있어서,
상기 압출 성형 단계 전에 상기 펠렛에서 공기를 제거(evacuating)하는 것을 더 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 65

제 58항에 있어서,
제1 압출 성형물을 제1 디스크 세트로 형성하는 단계와
제2 압출 성형물을 제2 디스크 세트로 형성하는 단계와
상기 제1 및 제2 디스크를 배열하여 상기 제1 디스크와 상기 제2 디스크가 교대하는 실린더를 형성하는 단계를 더 포함하는 구배를 갖는 다공성 기재의 제조 방법.

청구항 66

벌크 섬유를 액체에 배치하는 단계;
상기 섬유와 상기 액체를 강하게 혼합하여 상기 섬유를 초핑하는 단계; 및
상기 혼합물에서 상기 물의 대부분을 추출하는 단계를 포함하는 압출기에서 사용되는 섬유의 제조 방법.

청구항 67

제 66항에 있어서,
상기 섬유는 도 6a의 표 1에 나열된 그룹에서 선택되는 세라믹 섬유인 압출기에서 사용되는 섬유의 제조 방법.

청구항 68

제 66항에 있어서,
상기 액체에 분산제 또는 결합제를 첨가하는 단계를 더 포함하는 압출기에서 사용되는 섬유의 제조 방법.

청구항 69

제 66항에 있어서,
상기 추출 단계는 필터에 상기 섬유 및 상기 액체를 프레스하는 것을 더 포함하는 압출기에서 사용되는 섬유의 제조 방법.

청구항 70

제 66항에 있어서,
상기 추출 단계는 상기 섬유를 건조하여 대부분의 자유수를 제거하는 것을 더 포함하는 압출기에서 사용되는 섬유의 제조 방법.

청구항 71

약 60% 내지 약 85% 범위의 다공성을 포함하고,
세라믹 섬유가 결합되어 형성된 구조체를 포함하는 다공성 세라믹 기재로서,
상기 기재는 세라믹 물질 섬유를 첨가제 및 유체와 혼합하여 압출 성형 가능한 혼합물을 형성하고; 상기 압출 성형 가능한 혼합물을 중간 기재로 압출 성형하고; 상기 중간 기재를 다공성 기재로 경화하는 것을 포함하는 압출 성형 공정에 의하여 형성된 다공성 세라믹 기재.

청구항 72

제 71항에 있어서,
상기 섬유들 사이의 소결, 결정 또는 글래스 결합을 더 포함하는 다공성 세라믹 기재.

청구항 73

제 71항에 있어서,
상기 경화된 다공성 세라믹 기재는 세라믹 섬유로 주 구성된 다공성 세라믹 기재.

청구항 74

제 71항에 있어서,
상기 경화된 다공성 기재는 세라믹 섬유의 개방-기공 네트워크로 주 구성되는 다공성 세라믹 기재.

청구항 75

제 71항에 있어서,
상기 경화된 다공성 세라믹 기재는 실질적으로 모든 기공이 연결된 기공 네트워크를 포함하는 다공성 세라믹 기재.

청구항 76

약 60% 내지 90% 범위의 다공성을 포함하고,
무기 섬유가 결합되어 형성된 구조체를 포함하는 다공성 기재로서,
상기 기재는 무기질 섬유를 첨가제 및 유체와 혼합하여 압출 성형 가능한 혼합물을 형성하고, 상기 압출 성형 가능한 혼합물을 중간 기재로 압출 성형하고, 상기 중간 기재를 다공성 기재로 경화하는 것을 포함하는 압출 성형 공정에 의하여 형성된 다공성 기재.

청구항 77

제 76항에 있어서,
상기 경화 단계는 상기 구조체를 형성하는 섬유 대 섬유 결합을 형성하는 다공성 기재.

청구항 78

제 76항에 있어서,
상기 결합은 소결에 의하여 형성되거나 글래스, 글래스-세라믹 또는 세라믹 결합의 형성에 의해 형성되는 다공성 기재.

청구항 79

제 76항에 있어서,
상기 경화 단계는 개방 기공 네트워크를 형성하는 섬유 대 섬유 결합을 야기하는 다공성 기재.

청구항 80

제 76항에 있어서,
상기 무기질 섬유는 3 내지 1000 범위에서 단일 모드의 분포된 중량비를 포함하는 다공성 기재.

청구항 81

제 76항에 있어서,
상기 무기 섬유는 도 6a의 표 1에서 선택되는 다공성 기재.

청구항 82

제 76항에 있어서,
상기 경화된 기재는 탐지 가능한 상기 첨가제 연소 잔존물을 포함하는 다공성 기재.

청구항 83

제 76항에 있어서,
섬유 대 섬유 컨택의 적어도 일부는 결합을 형성하지 않는 다공성 기재.

청구항 84

제 76항에 있어서,
실질적으로 모든 상기 섬유 대 섬유 컨택은 결합을 형성하는 다공성 기재.

청구항 85

제 76항에 있어서,
제1 다공성을 가지는 제1 기재 부분과
제2 다공성을 가지는 제2 기재 부분을 더 포함하는 다공성 기재.

청구항 86

제 76항에 있어서,
제1 밀도를 가지는 제1 기재 부분과
제2 밀도를 가지는 제2 기재 부분을 더 포함하는 다공성 기재.

청구항 87

제 76항에 있어서,
제 1형의 섬유 대 섬유 결합을 이용하여 결합하는 제1 기재 부분과
제 2형의 섬유 대 섬유 결합을 이용하여 결합하는 제2 기재 부분을 더 포함하는 다공성 기재.

청구항 88

제 76항에 있어서,
상기 무기 섬유는 결정성, 비결정성, 글래스 또는 세라믹 물질을 포함하는 다공성 기재.

청구항 89

제 76항에 있어서,
상기 무기 섬유는 금속 섬유, 금속-합금 또는 세라믹 섬유인 다공성 기재.

청구항 90

제 76항에 있어서,
상기 압출 성형 가능한 혼합물은 유기 섬유를 더 포함하는 다공성 기재.

청구항 91

다른 기능적으로 효율적인 기공 형성제 성분을 포함하지 않는 압출 성형 가능한 혼합물에서 압출 성형된 약 40% 내지 약 75% 다공을 가지는 다공성 기재.

청구항 92

결합된 섬유로 주 구성된 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 93

제 92항에 있어서,

상기 섬유는 세라믹 섬유로 주 구성되는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 94

제 93항에 있어서,

세라믹 섬유 사이의 고체 상태, 결정성 또는 글래스 결합을 더 포함하는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 95

제 94항에 있어서,

상기 결합된 세라믹 섬유는 개방 기공 네트워크를 형성하는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 96

제 93항에 있어서,

상기 세라믹 섬유는 3 내지 1000 범위에서 단일 모드의 분포된 중횡비를 가지는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 97

제 93항에 있어서,

상기 세라믹 섬유는 도 6a의 표 1에서 선택되는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 98

제 92항에 있어서,

허니컴 패턴 내에 평행한 내부 및 외부 채널을 더 포함하는 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 99

제 92항에 있어서,

평행한 내부 및 외부 채널을 더 포함하며,

상기 내부 채널은 상기 외부 채널보다 더 큰 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 100

제 92항에 있어서,

상기 다공성 기재는 랜덤 채널을 포함하는 블록인 압출 성형된 다공성 기재.

청구항 101

결합된 섬유에 의해 형성된 개방 기공 네트워크를 포함하는 압출 성형된 기재;

기재를 유지하는 하우징(housing);

유체를 제공받는 입구; 및

여과된 유체를 제공하는 출구를 포함하는 필터 생성물.

청구항 102

제 101항에 있어서,

상기 유체는 배기 가스 또는 액체인 필터 생성물.

청구항 103

제 101항에 있어서,

상기 필터 생성물은 운송 수단 공기 필터, 운송 수단 배기 필터, 또는 운송 수단 캐빈 필터인 필터 생성물.

청구항 104

제 101항에 있어서,

상기 압출 성형된 기재 상에 배치된 촉매를 더 포함하는 필터 생성물.

청구항 105

결합된 섬유에 의해 형성된 개방 기공 네트워크를 포함하는 압출 성형된 기재;

압출 성형된 기재 상에 배치된 촉매;

상기 기재를 유지하는 하우징;

유체를 제공받는 입구; 및

여과된 유체를 제공하는 출구를 포함하는 촉매 컨버터 생성물.

청구항 106

제 105항에 있어서,

상기 유체는 배기 가스 또는 액체인 촉매 컨버터 생성물.

청구항 107

제 105항에 있어서,

상기 필터 생성물은 운송 수단 공기 필터, 운송 수단 배기 필터, 또는 운송 수단 캐빈 필터인 촉매 컨버터 생성물.

청구항 108

제 105항에 있어서,

상기 압출 성형된 기재 상에 배치된 촉매를 더 포함하는 촉매 컨버터 생성물.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 압출 성형한 다공성 기재의 압출 성형 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 압출 성형한 다공성 세라믹 기재의 압출 성형 방법에 관한 것이다.

<2> 본 출원은 발명의 명칭이 "다공성 기재의 압출 성형 시스템(System for Extruding a Porous Substrate)"이고, 2005년 11월 16일에 출원된 미국 가출원 제 60/737,237호; 발명의 명칭이 "다공성 블록을 형성하는 압출 성형 가능한 혼합물(An Extrudable Mixture for Forming a Porous Block)"이고, 2005년 12월 30일에 출원된 미국 출원 제 11/323,430호; 발명의 명칭이 "다공성 기재의 압출 성형 방법(Process for Extruding a Porous Substrate)"이고, 2005년 12월 30일에 출원된 미국 출원 제 11/322,777호; 및 발명의 명칭이 "압출 성형된 다공성 기재 및 이를 이용한 생성물(An Extruded Porous Substrate and Products Using the Same)"이고, 2005년 12월 30일에 출원된 미국 출원 제 11/323,429호에 대하여 우선권을 주장하며, 전부 그 전체로서 본 명세서에 참조 인용된다.

배경기술

<3> 다수의 공정은 다양한 처리를 용이하게 하고 지지하는 강성 기재를 요구한다. 예를 들어, 기재는 미립자 물질의 여과, 다른 물질들의 분리 또는 공기 중의 박테리아 또는 세균을 제거하는 필터 용도로 사용된다. 이러한 기재

는 공기, 배기 가스 또는 액체에서 작용하도록 구성될 수 있으며, 실질적인 환경적 스트레스 또는 화학적 스트레스에 견디도록 제조될 수 있다. 다른 예에서, 화학적 반응이 용이하도록 촉매 물질이 기재 상에 배치된다. 예를 들어, 귀금속이 적절한 기재 상에 배치될 수 있으며, 이러한 기재는 위험한 배기 가스를 덜 유해한 가스로 촉매 변환을 할 수 있다. 일반적으로 이러한 강성 기재는 다공성이 높을수록 보다 효과적으로 작용한다.

<4> 다공성은 일반적으로 개방 공간(open space)에 의해 차지되는 물질의 총 부피 비율로 정의되는 고체 물질의 특성으로 정의된다. 예를 들어, 50%의 다공성을 갖는 기재는 절반의 기재 부피가 개방 공간에 의해 차지된다. 이에 의해, 고다공성의 기재는 낮은 다공성의 기재보다 더 낮은 질량 당 부피를 가진다. 몇몇 용도에서는 낮은 질량의 기재가 유리하다. 예를 들어, 기재가 촉매 공정을 지지하는데 사용되고 촉매 공정이 승온 조건에서 진행될 경우, 낮은 축열성(thermal mass)을 갖는 기재를 반응 온도로 보다 빨리 가열시킬 수 있다. 이에 의해, 보다 다공성이 좋으며 축열성이 더 적은 기재를 사용하여, 촉매가 반응 온도까지 가열되는 시간 예컨대, 라이트 오프 시간(light off time)이 감소할 수 있다.

<5> 투과성 또한 기재, 특히 필터 및 촉매 기재의 중요한 특성이다. 투과성은 다공성에 연관된다. 즉, 투과성은 액체 또는 가스와 같은 유체가 얼마나 쉽게 기재를 통하여 유동할 수 있는지의 측도이다. 대부분의 용도에서 고투과성 기재는 유리하다. 예를 들어, 내연 기관은 후-처리 필터(after-treatment filter)가 기관에 낮은 백 프레스(back pressure)를 제공할 경우, 보다 효과적으로 동작한다. 낮은 백 프레스는 보다 고투과성 기재를 사용하여 생성된다. 투과성은 다공성보다 측정하기가 더 어려우므로, 다공성은 때때로 기재의 투과성을 대체하는 지침(guide)으로 사용된다. 그러나, 기공(pore)이 일반적으로 개방되지 않고 상호 연결되어 있을 경우, 기재는 일반적으로 고다공성일 수 있으나 여전히 제한된 투과성을 가질 수 있으므로 이는 특별히 정확한 특성이 아니다. 예를 들어, 스티로폼 음료컵은 고다공성의 발포 물질이나, 액체의 유동에 투과적이지는 않다. 따라서, 다공성 및 투과성의 중요성을 고려할 때, 기재의 기공 구조 역시 조사되어야 한다. 스티로폼 컵의 예에서, 스티로폼 물질은 폐쇄 기공(closed pore) 네트워크를 가진다. 이는 발포체가 연결되지 않은 다수의 기공 및/또는 폐쇄 종단(closed-ended)의 기공을 포함하는 것을 의미한다. 이에 의해, 발포체 내에 보이드(void) 및 개방 공간은 많으나 기공이 서로 연결되지 않기 때문에, 유체 또는 가스가 발포체의 일측에서 타측으로 유동될 수 없다. 채널의 대부분이 연결되기 시작함에 따라, 유체 통로가 일측에서 타측으로 형성되기 시작한다. 이러한 경우, 물질이 더 많은 개방 기공 네트워크를 포함한다고 말한다. 물질을 통하여 형성된 채널이 더 많이 연결될수록, 물질의 투과성은 더 높아진다. 모든 기공이 적어도 하나의 다른 채널과 연결되고, 모든 기공이 물질에 형성된 벽의 전체 두께를 통하여 유체가 유동할 수 있도록 하는 경우, 기재는 완전한 개방 기공 네트워크를 가지는 것으로 정의될 수 있다. 셀과 기공 사이의 차이점에 유념하는 것은 중요하다. 셀은 허니컴(honeycomb) 기재를 통과하는 채널(필수적이지는 않으나, 일반적으로 각각이 서로 평행함.)을 지칭한다. 대개, 허니컴 기재는 평방 인치당 얼마나 많은 수의 셀을 포함하는지 여부로 언급된다. 예를 들어, 평방 인치 당 200 셀을 갖는 기재는 기재의 주축을 따라 200 채널을 포함한다. 반면에, 기공은 물질에서 두 개의 평행한 채널 또는 셀을 분리하는 벽을 구성하는 물질에서와 같이 물질 자체 내부의 갭을 지칭한다. 완전히 또는 거의 개방된 기공 네트워크 기재는 필터 또는 촉매 산업에서 알려져 있지 않다. 대신에, 가장 다공성이 우수한 이용 가능한 압출성형 기재도 개방 기공과 폐쇄 기공 다공성의 혼성물이다.

<6> 따라서, 다양한 용도에서 고다공성, 유사하게 고투과성을 가능하게 하는 내부 기공 구조체를 갖는 기재를 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 기재는 특정 용도의 구조적, 환경적 요구를 충족시키는 충분히 강성 구조체로 형성되어야 한다. 예를 들어, 내연 기관에 부착된 필터 또는 촉매 컨버터는 환경적 쇼크, 열적 요구, 및 제조 및 사용 스트레스에 견딜 수 있어야 한다. 마지막으로, 기재는 광범위하게 사용되도록 충분히 낮은 가격으로 제조되어야 한다. 예를 들어, 자동차에 의한 전세계적 공해에 어느 정도 영향을 미치기 위해서, 필터 기재는 선진국 뿐만 아니라 개발도상국에서도 사용 가능하며, 가격이 적절하여야 한다. 따라서, 필터 및 촉매 컨버터 기재의 총괄적 가격 구조는 기재의 디자인 및 선택된 공정에서 필수적 고려사항이다.

<7> 압출 성형은 일정한 단면의 강성 기재를 제조하는 효과적이고 비용 효율적인 공정으로 입증되었다. 더욱 구체적으로, 세라믹 파우더 물질의 압출 성형은 내연 기관의 필터 및 촉매 기재를 제조하는 가장 널리 이용되는 공정이다. 수년에 걸쳐 파우더 세라믹 압출 성형 공정은 발전하여, 현재 약 60%의 다공성을 가지는 기재를 압출 성형할 수 있다. 이러한 압출 성형된 다공성 기재는 양호한 강도 특성을 가지며, 유연하게 제조될 수 있고, 대량으로 제조될 수 있고, 양질을 유지할 수 있으며, 그리고 매우 비용 효율적이다. 그러나 파우더 세라믹 물질의 압출 성형은 다공성의 실질적인 상한에 도달하였으며, 나아가 다공성의 증가는 용인될 수 없는 낮은 강도를 초래하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 다공성이 60%를 넘어서 증가함에 따라, 압출 성형된 세라믹 파우더 기재는 디젤 미립자 필터의 거친 환경에서 동작하는데 충분한 강도를 가지지 않는 것으로 밝혀졌다. 알려진 압출 성형

공정의 다른 한계에서, 보다 효과적인 촉매 변환이 가능하도록 기재에서 표면적의 증가가 요구된다. 표면적을 증가하기 위해, 압출 성형된 세라믹 파우더 기재는 셀 밀도를 증가시키는 시도를 하였으나, 셀 밀도의 증가는 기관에 용인될 수 없는 백 프레스를 초래하였다. 또한, 압출 성형된 세라믹 파우더 기재는 매우 고다공성에서 충분한 강도를 가지지 못하며, 또한 표면적의 증가에 대한 요구가 있을 경우 용인할 수 없는 백 프레스를 형성한다. 따라서, 세라믹 파우더의 압출 성형은 실질적인 효용 한계에 도달한 것으로 보인다.

<8> 고다공성을 얻기 위한 노력으로, 필터 공급부를 플리트 세라믹 페이퍼(pleated ceramic paper)로의 이동이 시도되었다. 이러한 플리트 세라믹 페이퍼를 사용하여, 낮은 백 프레스를 가지는 약 80%의 다공성이 가능하게 되었다. 낮은 백 프레스로 인하여, 이러한 필터는 매우 낮은 백 프레스가 요구되는 채굴과 같은 용도에서 사용되었다. 그러나, 플리트 세라믹 페이퍼 필터의 사용은 단발성이었으며, 광범위하게 채용되지 못하였다. 예를 들어, 플리트 세라믹 페이퍼는 거친 환경에서는 효과적으로 사용되지 못하였다. 플리트 세라믹 페이퍼의 제조는 상대적으로 약한 세라믹 페이퍼 구조체를 형성하는 페이퍼 제조 공정의 사용이 요구되며, 압출 성형 필터에 비해 비용 효율적이지 못한 것으로 드러났다. 게다가 플리트 세라믹 페이퍼의 형성은 셀 모양 및 밀도에서 매우 낮은 유연성을 허락한다. 예를 들어, 일부 필터 용도에서 바람직할 수 있는 큰 채널 입구와 작은 채널 출구를 가지는 페이퍼 플리트 필터를 제조하는 것은 어렵다. 따라서, 플리트 세라믹 페이퍼의 사용은 고다공성 필터 및 촉매 기재의 요구를 충족시키지 못하였다.

<9> 다공성을 증가시키고 플리트 페이퍼의 단점을 극복하기 위한 노력의 다른 예로, 세라믹 전구체를 형성하고, 매스(mass)를 주의 깊게 처리하여 다공성 패턴에서 단결정 휘스커(whisker)를 성장시켜 기재를 만들었다. 그러나, 이러한 결정 인-시츄(in-situ)는 경화 공정의 조심스럽고 정확한 조절을 필요로 하며, 공정을 대량화하기 어려우며, 상대적으로 비싸고, 그리고 결합이 생기기 쉽다. 게다가, 이러한 어려운 공정은 다공성에 있어 단지 몇 퍼센트의 증가를 제공할 뿐이다. 마지막으로, 상기 공정은 단지 물라이트 형태의 결정 휘스커만을 성장시키므로, 이는 기재의 이용성을 제한한다. 예를 들어, 물라이트는 높은 열 팽창계수를 가지는 것으로 알려져 있으며, 이는 결정성 물라이트 휘스커가 원하지 않은 넓은 동작 온도 범위 및 급격한 온도 변화를 필요로 하는 다양한 용도에서는 바람직하지 않도록 한다. 따라서, 산업계는 고다공성 및 이와 연관된 고투과성의 강성 기재를 필요로 한다. 바람직하게, 기재는 매우 바람직한 개방 셀 네트워크로 형성될 수 있으며, 제조에 비용 효율적일 수 있으며, 그리고 유연한 물리적, 화학적, 그리고 반응적 특성으로 제조될 수 있다.

발명의 상세한 설명

<22> 요약하면, 본 발명은 압출 성형 공정을 이용하여 고다공성 기재를 제조하는 압출 성형 가능한 혼합물을 제공하는 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 유기, 무기, 글래스, 세라믹 또는 금속 섬유와 같은 섬유를 압출 성형되거나 경화될 때 매스에 혼합하여 고다공성 기재를 형성할 수 있다. 특정 혼합물에 따라, 본 발명은 약 60% 내지 약 90%의 다공성 기재를 가능하게 할 뿐만 아니라, 다른 다공성에서 공정을 유리하게 할 수 있다. 압출 성형 가능한 혼합물은 다양한 섬유 및 첨가제를 사용할 수 있으며, 다양한 동작 환경 및 용도에 적용될 수 있다. 섬유는 1보다 큰 중형비를 가지며, 기재의 요구에 따라 선택된다. 그리고 섬유는 바인더, 기공 형성제, 압출 성형 보조제 및 유체와 혼합되어 균일한 압출 성형 가능한 매스를 형성한다. 균일한 매스는 중간 기재(green substrate)로 압출 성형된다. 더 휘발성 좋은 물질이 중간 기재에서 선택적으로 제거되며, 이는 섬유들이 연결되고 접촉되도록 한다. 경화 공정이 진행됨에 따라, 섬유 대 섬유의 결합이 형성되어 실질적으로 개방 기공 네트워크를 가지는 구조체를 형성한다. 형성된 다공성 기재는 다양한 용도, 예를 들어, 필터 또는 촉매 호스트, 또는 촉매 컨버터 기재로서 유용하다.

<23> 보다 구체적인 예로, 세라믹 섬유는 보다 일반적으로 약 3 내지 약 500의 범위일 수 있을지라도, 약 3과 약 100 사이의 중형비 분포에서 선택된다. 중형비는 섬유의 길이를 섬유의 직경으로 나눈 비이다. 세라믹 섬유는 바인더, 기공 형성제, 및 유체와 균일한 매스에서 혼합된다. 전단(shear) 혼합 공정을 사용하여 매스에서 섬유를 보다 완전히 고르게 분포시킨다. 세라믹 물질은 매스의 약 8 부피% 내지 약 40 부피%일 수 있으며, 이는 약 60%와 92% 사이의 다공성을 갖는 기재를 형성한다. 균일한 매스는 중간 기재로 압출 성형된다. 바인더 물질은 중간 기재에서 제거되며, 이는 섬유들끼리 오버랩되고 접촉되도록 한다. 경화 공정이 진행됨에 따라, 섬유 대 섬유의 결합이 형성되어 강성 개방 셀 네트워크를 형성한다. 본 명세서에서 사용되는 "경화(curing)"는 중요한 두 공정 단계: 1) 바인더 제거 및 2) 결합 형성을 포함하는 것으로 정의된다. 바인더 제거 공정은 자유수(free water)를 제거하고, 첨가제의 대부분을 제거하며, 그리고 섬유와 섬유의 접촉을 가능하게 한다. 형성된 다공성 기재는 다양한 용도, 예를 들어, 필터 또는 촉매 컨버터의 기재로서 유용하다.

<24> 또 다른 특정 예에서, 다공성 기재는 기공 형성제의 사용 없이 제조될 수 있다. 이 경우, 세라믹 물질은 매스의

약 40 부피% 내지 약 60 부피% 또는 그 이상일 수 있으며, 이는 약 40%와 60% 사이의 다공성을 가지는 기체를 형성한다. 기공 형성제가 사용되지 않기 때문에, 압출 성형 공정이 단순해지며, 그리고 보다 비용 효율적이다. 또한, 형성된 구조체는 실질적으로 매우 바람직한 개방 기공 네트워크이다.

- <25> 바람직하게, 개시된 섬유 압출 성형 시스템 공정은 고다공성 및 연관된 고투과성을 가능하게 하는 개방 기공 네트워크를 가질 뿐만 아니라 사용 요구에 따라 충분한 강도를 가지는 기체를 제조한다. 섬유 압출 성형 시스템은 또한 충분히 비용 효율적으로 기체를 제조하여, 형성된 필터 및 촉매 컨버터의 광범위한 사용을 가능하게 한다. 압출 성형 시스템은 제품의 대량 생산을 용이하게 하며, 유연한 화학적 성질 및 구조를 가능하게 하여 다양한 용도를 지지할 수 있다. 본 발명은 압출 성형 가능한 혼합물에서 섬유 물질의 선두적인 사용을 나타낸다. 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물은 대량 생산에서 그리고 비용 효율적인 방법으로 고다공성 기체의 압출 성형을 가능하게 한다. 반복가능하고, 강력한 압출 성형 공정에서 섬유가 사용되는 것을 가능하게 함으로써, 본 발명은 세계적으로 광범위하게 사용되는 필터 및 촉매 기체의 대량 생산을 가능하게 한다.
- <26> 본 발명의 다양한 특징은 후술되어 있는 설명으로부터 명확해질 것이며, 청구항에서 특징적으로 도출되는 수단 및 조합의 방법으로 이해될 수 있을 것이다.
- <27> 도면들은 본 명세서의 일부를 구성하고 본 발명의 예시적인 실시예들을 포함하며, 이는 다양한 형태로 실시될 수 있을 것이다. 몇몇 실시예에서 본 발명의 다양한 양태는 본 발명의 이해의 편의를 위하여 과장되거나 확대되어 도시될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- <28> 이하에서 본 발명의 실시예들을 자세히 설명한다. 그러나, 본 발명이 다양한 형태로 예시될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 명세서에서 개시된 구체적인 설명은 본 발명을 제한하는 것이 아니며, 오히려 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 구체적인 시스템, 구조체 또는 방법에 본 발명을 어떻게 적용하는지를 교시하는 대표적인 근거로서 이해될 수 있을 것이다.
- <29> 도 1을 참고하여, 다공성 기체의 압출 성형 시스템을 설명한다. 일반적으로 시스템(10)은 압출 성형 공정을 사용하여 최종적으로 고다공성 기체 생성물로 경화될 수 있는 중간 기체를 압출 성형한다. 시스템(10)은 바람직하게 고다공성을 가지며, 연관된 고투과성을 가능하게 하는 실질적으로 개방된 기공 네트워크를 가질뿐만 아니라 사용 요구에 따라 충분한 강도를 가지는 기체를 제조한다. 또한, 시스템(10)은 충분히 비용 효율적으로 기체를 제조하여 형성된 필터 및 촉매 컨버터의 광범위한 사용을 가능하게 한다. 시스템(10)은 대량 생산을 용이하게 하며, 유연한 화학적 특성 및 구조를 가능하게 하여 다양한 이용을 지지한다.
- <30> 시스템(10)은 매우 유연한 압출 성형 공정을 가능하게 하여, 특정 용도의 다양한 범위에 적용될 수 있다. 시스템(10)을 사용에 있어, 기체 디자이너는 우선 기체의 요구를 확인한다. 이러한 요구는 예를 들어, 크기, 유체 투과성, 바람직한 다공성, 기공 크기, 기계적 강도 및 쇼크 특성, 열적 안정성, 및 화학적 반응 제한을 포함할 수 있다. 이러한 요구들에 따라, 디자이너는 물질을 선택하여 압출 성형 가능한 혼합물 형성에서 사용한다. 중요하게, 시스템(10)은 압출 성형된 기체의 형성에서 섬유(12)의 사용을 가능하게 한다. 이러한 섬유는 예를 들어, 세라믹 섬유, 유기 섬유, 무기 섬유, 폴리머 섬유, 산화물 섬유, 유리 섬유(vitreous fiber), 글래스 섬유(glass fiber), 비결정성 섬유, 결정성 섬유, 비-산화물 섬유, 카바이드 섬유, 금속 섬유, 다른 무기 섬유 구조체, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 그러나, 설명의 편의를 위하여 세라믹 섬유의 사용을 설명할지라도, 다른 섬유를 사용할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한 기체를 필터 기체 또는 촉매 기체로 대개 설명할지라도, 교시된 본 발명의 관점 내에서 다르게 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 디자이너는 용도의 특정 요구에 따라 특정 형태의 섬유를 선택한다. 예를 들어, 세라믹 섬유는 몰라이트 섬유, 알루미늄 실리케이트 섬유, 또는 통상적으로 이용가능한 다른 세라믹 섬유 물질로 선택될 수 있다. 섬유는 일반적으로 14 단계에서 처리되어 섬유가 사용 가능한 길이로 절단될 필요가 있으며, 이는 섬유를 첨가물에 혼합하기 전의 초핑(chopping) 공정을 포함할 수 있다. 또한 압출 성형 공정에서 다양한 혼합 및 형성 단계는 섬유를 더욱 절단할 수 있다.
- <31> 특정 요구에 따라, 첨가제(16)가 첨가된다. 이러한 첨가제(16)는 바인더, 분산제, 기공 형성제, 가소제, 공정 보조제, 및 강화 물질을 포함할 수 있다. 또한, 유체(18), 일반적으로 물을 첨가제(16) 및 섬유(12)와 혼합한다. 섬유, 첨가제 및 유체를 압출 성형 가능한 레올로지(rheology, 21)로 혼합한다. 이러한 혼합은 건조 혼합(dry mixing), 습윤 혼합(wet mixing) 및 전단 혼합(shear mixing)을 포함할 수 있다. 섬유, 첨가제, 및 유체는 균일한 매스가 제조될 때까지 혼합되며, 이는 매스내에 섬유를 고르게 분산시키고 배열한다. 그리고 섬유 및 균일한 매스를 압출 성형하여 중간 기체(23)를 형성한다. 중간 기체는 충분한 강도를 가지며 이후의 공정에서 함께 모여 떨어지지 않는다.

- <32> 그리고 중간 기재를 경화한다(25). 본 명세서에서 설명되는 "경화"는 두 가지 중요한 공정 단계: 1) 바인더 제거 및 2) 결합 형성을 포함하는 것으로 정의된다. 바인더 제거 공정은 자유수를 제거하고, 첨가제의 대부분을 제거하며, 그리고 섬유와 섬유의 컨택을 가능하게 한다. 바인더는 대개 바인더를 연소하는 가열 공정을 사용하여 제거되나, 사용되는 특정 바인더에 따라 다른 제거 공정이 이용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 일부 바인더는 기화 또는 승화 공정을 이용하여 제거될 수 있다. 일부 바인더 및/또는 다른 유기 화합물은 증기 상으로 분해(degrading)되기 전에 녹을 수 있다. 경화 공정이 진행됨에 따라, 섬유 대 섬유의 결합이 형성된다. 이러한 결합은 전체적인 구조적 강성을 용이하게 할뿐만 아니라, 기재의 바람직한 다공성 및 투과성을 형성한다. 따라서 경화된 기재(30)는 개방 기공 네트워크에 섬유들이 대부분 결합된 고다공성 기재(30)이다. 또한, 기재는 필터 용도 및 촉매 전환 용도 등을 포함하는 다양한 용도의 기재로서 사용될 수 있다. 바람직하게, 시스템(10)은 바람직한 압출 성형 공정을 가능하게 하여 약 90% 이상의 다공성을 가지는 기재를 제조한다.
- <33> 도 2를 참고하여, 압출 성형 가능한 물질(50)을 설명한다. 압출 성형 가능한 물질(50)은 피스톤 또는 스크류 압출기와 같은 압출기에서 압출 형성하여 준비한다. 압출 성형 가능한 혼합물(52)은 섬유, 가스제 및 특정 용도에 의해 요구되는 다른 첨가제를 포함하는 균일한 매스다. 도 2는 균일한 매스의 확대된 부분(54)을 나타낸다. 확대된 부분(54)은 설명의 편의를 위하여, 스케일에 맞게 도시되지 않았음을 이해할 수 있을 것이다. 압출 성형 가능한 혼합물(52)은 섬유 56, 57 및 58과 같은 섬유를 포함한다. 이러한 섬유들을 선택하여 바람직한 열적, 화학적, 기계적, 그리고 여과 특성을 가지는 고다공성 및 강성의 최종 기재를 제조한다. 섬유 바디는 자체적으로 가소성을 가지지 않기 때문에, 실질적으로 압출 성형이 가능하지 않음을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, 적절한 가소제의 선택 및 공정 조절을 통하여, 섬유를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물(52)이 압출 성형될 수 있음을 알 수 있다. 이에 의해, 압출 성형의 비용, 스케일 및 유연성의 이점이 연장되어, 섬유질 물질의 사용에 의한 이용 가능한 이점을 포함할 수 있다.
- <34> 일반적으로, 섬유는 1보다 큰 종횡비를 가지는 상대적으로 작은 직경의 물질이 고려된다. 종횡비는 섬유의 길이를 섬유의 직경으로 나눈 비이다. 본 명세서에서, 섬유의 '직경'은 단순히 섬유의 단면적이 원인 것으로 가정하며, 이러한 단순 가정은 섬유의 실제 단면의 형태에 상관없이 적용된다. 예를 들어, 종횡비 10의 섬유는 섬유의 직경보다 10 배 큰 길이를 가진다. 약 1 마이크로미터 내지 약 25 마이크로미터 범위의 직경이 용이하게 이용 가능할 지라도, 섬유의 직경은 6 마이크로미터일 수 있다. 다양한 직경 및 종횡비의 섬유들이 시스템(10)에서 성공적으로 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 다른 도면들을 참고하여 보다 상세하게 후술되는 것처럼, 섬유의 종횡비를 선택하는 몇몇 다른 실시예가 존재한다. 또한, 섬유의 형태는 일반적인 세라믹 파우더와 달리 예리하며, 여기서 각각의 세라믹 입자의 종횡비는 대략 1인 것을 이해할 수 있을 것이다.
- <35> 압출 성형 가능한 혼합물(52)의 섬유는 도 2에서 세라믹 섬유를 참고하여 설명하였지만, 금속성일 수 있다(몇몇 경우에는 얇은-직경의 금속성 와이어일 수 있다). 세라믹 섬유는 비결정질 상태, 유리 상태, 결정 상태, 폴리-결정성 상태, 모노-결정성 상태, 또는 글래스-세라믹 상태일 수 있다. 압출 성형 가능한 혼합물(52)을 제조에 있어, 상대적으로 낮은 부피의 세라믹 섬유를 사용하여 다공성 기재를 제조한다. 예를 들어, 압출 성형 가능한 혼합물(52)은 약 10 부피% 내지 40 부피%의 세라믹 섬유 물질을 포함할 수 있다. 이에 의해, 경화 후에, 형성된 다공성 기재는 약 60% 내지 약 90%의 다공성을 가질 수 있다. 다른 양의 세라믹 섬유 물질을 선택하여 다른 다공성 값을 제조할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- <36> 압출 성형 가능한 혼합물을 제조하기 위하여, 섬유는 일반적으로 가스제와 혼합된다. 이에 따라, 섬유는 선택된 다른 유기 또는 무기 첨가제와 혼합된다. 이러한 첨가제는 압출 성형의 세가지 중요한 특성(key property)을 제공한다. 첫째, 첨가제는 압출 성형 가능한 혼합물이 압출 성형에 적절한 레올로지를 가지는 것을 가능하게 한다. 둘째, 첨가제는 일반적으로 중간 기재라고 지칭되는 압출 성형된 기재에 충분한 강도를 제공하여 이러한 첨가제가 경화 공정에서 제거될 때까지 기재의 형태 및 섬유의 위치를 유지한다. 그리고 셋째로, 첨가제를 선택하고 이를 경화 공정에서 연소하는 것은 오버랩된 구조에서 섬유의 배열을 용이하게 하며, 이에 따라 강성 구조체의 형성이 약화되지 않는다. 일반적으로, 첨가제는 바인더(61)와 같은 바인더를 포함한다. 바인더(61)는 매질(medium)로 작용하여 섬유의 위치를 유지하고 중간 기재에 강도를 제공한다. 섬유 및 바인더를 사용하여 상대적으로 높은 다공성을 가지는 다공성 기재를 제조할 수 있다. 그러나, 다공성을 더욱 증가시키기 위해, 기공 형성제(63)와 같은 추가적인 기공 형성제를 첨가할 수 있다. 기공 형성제가 첨가되어 최종 경화된 기재에서 개방 공간이 증가된다. 기공 형성제는 구형, 가늘고 신장된(elongated) 형태, 섬유 형태 또는 불규칙한 형태일 수 있다. 기공 형성제는 개방 공간을 형성하는 능력, 열적 분해(degradation) 특성뿐만 아니라 섬유의 배열에 조력하는 정도에 따라 선택된다. 이에 의해, 기공 형성제는 오버랩된 패턴에서 섬유의 배열을 보조하여 이후의 경화

단계 동안 섬유들 사이의 적절한 결합을 용이하게 한다. 게다가, 기공 형성제는 바람직한 방향의 섬유 배열에 중요한 역할을 하며, 이는 서로 다른 축들을 따라 강도 및 압축 성형된 물질의 열적 팽창에 영향을 미친다.

<37> 앞에서 간략히 설명한 것처럼, 압축 성형 가능한 혼합물(52)은 다양한 형태의 이용 가능한 섬유에서 선택된 하나 이상의 섬유를 사용할 수 있다. 게다가, 선택된 섬유는 다양한 형태의 바인더에서 선택된 하나 이상의 바인더와 혼합할 수 있다. 또한, 다양한 종류의 기공 형성제에서 선택된 하나 이상의 기공 형성제를 첨가할 수 있다. 압축 성형 가능한 혼합물은 가소제로서 물 또는 다른 유체를 사용할 수 있으며, 다른 첨가제를 첨가할 수 있다. 화학물 형성에서 이러한 유연성은 압축 성형 가능한 혼합물(52)이 다양한 형태의 용도에서 유용하게 사용되는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, 혼합물의 조합은 요구되는 환경적, 온도적, 화학적, 물리적 또는 다른 필요한 요구에 따라 선택될 수 있다. 게다가, 압축 성형 가능한 혼합물(52)은 압축 성형으로 제조되기 때문에, 최종 압축 성형된 생성물을 유연하고 경제적으로 제조할 수 있다. 도 2에 도시되지는 않았지만, 압축 성형 가능한 혼합물(52)은 스크류 또는 피스톤 압출기를 통하여 압출 성형되어 중간 기재를 형성하며, 이는 이후에 최종 다공성 기재 생성물로 경화된다.

<38> 본 발명은 압출 성형 혼합물 또는 플라스틱 배치에서 섬유 물질의 선도적인 사용을 개시한다. 이러한 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물은 대량 생산에서 비용 효율적 방법으로 고다공성을 갖는 기재의 압출 성형을 가능하게 한다. 반복가능하고 강력한 압출 성형 공정에서 섬유가 사용되는 것을 가능하게 함으로써, 본 발명은 세계적으로 다양하게 사용되는 필터 및 촉매 기재의 대량 생산을 가능하게 한다.

<39> 도 3a를 참고하여, 확대된 다공성 기재의 경화된 부분을 설명한다. 기재 부분(100)은 바인더 제거 이후(102) 및 경화 공정 이후(110)를 나타낸다. 바인더 제거 이후(102), 섬유(103, 104)와 같은 섬유는 초기에는 바인더 물질과 함께 배치를 유지하며, 바인더 물질이 연소됨에 따라 노출되어 느슨하지 않은 오버랩되는 구조체가 된다. 또한, 기공 형성제(105)가 배치되어 추가적인 개방 공간을 형성할 뿐만 아니라 섬유를 정렬 또는 배열할 수 있다. 섬유는 압출 성형 가능한 혼합물에서 상대적으로 작은 부피를 구성하므로, 다수의 개방 공간(107)이 섬유들 사이에 존재한다. 바인더 및 기공 형성제가 연소됨에 따라, 섬유들은 약간 조절되어 서로 더 많이 접촉할 수 있다. 바인더 및 기공 형성제를 선택하여 연소 과정에서 기재가 와해되지 않거나 섬유들의 배열을 방해하지 않도록 조절된 방법으로 연소한다. 일반적으로 바인더 및 기공 형성제를 선택하여 섬유들 사이의 결합이 형성되기 전에 분해하거나 연소한다. 경화 공정이 진행됨에 따라, 오버랩되고 접촉된 섬유들은 결합이 형성되기 시작한다. 결합은 몇 가지 방법으로 형성될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 섬유들을 가열하여 섬유들의 노드 또는 교차점에서의 소결 결합을 조력하는 액체를 형성할 수 있다. 이러한 액체 상태 소결은 선택된 특정 섬유들로부터 야기되거나, 혼합물에 첨가되거나 섬유 상에 코팅된 부가제로부터 야기될 수 있다. 다른 경우, 고체 상태 소결 결합을 형성하는 것이 바람직할 수 있다. 이 경우, 교차된 결합은 오버랩된 섬유를 연결하는 그레인 구조체를 형성한다. 중간 상태에서, 섬유들은 아직 서로 물리적 결합을 형성하지 않으나, 섬유들의 탱글링(tangling) 때문에 어느 정도의 중간 강도(green strength)를 나타낼 수 있다. 선택된 특정 형태의 결합은 기초 물질의 선택, 바람직한 강도 및 반응 화학 그리고 환경에 의존할 수 있다. 일부 경우, 연결된 네트워크에 섬유들을 함께 결합하고 경화 공정 동안 연소되지 않는 혼합물에 존재하는 무기 바인더의 존재 하에 결합이 일어날 수 있다.

<40> 바람직하게, 결합(112)와 같은 결합의 형성은 섬유를 포함하는 실질적인 강성 구조체의 형성을 용이하게 한다. 결합은 또한 매우 고다공성의 개방 기공 네트워크의 형성을 가능하게 한다. 예를 들어, 개방 공간(116)은 섬유들 사이의 공간에 의해 자연적으로 형성된다. 개방 공간(114)은 기공 형성제(105)가 분해 또는 연소됨에 따라 형성된다. 이에 따라, 섬유 결합 형성 과정은 중단되지 않거나 또는 실질적으로 중단되지 않은 채널을 가지는 개방 기공 네트워크를 형성한다. 이러한 개방 기공 네트워크는 고무과성, 고여과율을 생성하며, 예를 들어 촉매 첨가에 넓은 표면적을 제공한다. 결합의 형성은 고체-상태 또는 액체-조력/액체-상태 소결과 같은 바람직한 결합의 형태 및 경화 과정 동안 존재하는 첨가제에 의존할 수 있다. 예를 들어, 첨가제, 특정 섬유의 선택, 가열 시간, 가열 정도 및 반응 환경 모두를 조절하여 특정 형태의 결합을 형성할 수 있다.

<41> 도 3b를 참고하여, 확대된 다른 다공성 기재의 경화된 부분을 설명한다. 기재 부분(120)은 바인더 제거 이후(122) 및 경화 공정 이후(124)를 나타낸다. 기재 부분(120)은 도 3a를 참고하여 설명한 기재 부분(100)과 유사하므로, 자세한 설명은 생략하도록 한다. 기재(120)는 특정 기공 형성제의 사용 없이 형성되며, 전체 개방 기공 네트워크는 바인더 물질과 섬유의 배치로부터 형성된다. 이에 의해, 다공성이 적절히 높은 기재가 특정 기공 형성제의 사용 없이 형성될 수 있으며, 이에 의해 이와 같이 다공성이 적절히 높은 기재의 제조에 있어 비용 및 복잡성을 줄일 수 있다. 이러한 방법으로 40% 내지 60% 범위의 다공성을 가지는 기재를 제조할 수 있다.

<42> 도 4는 전자 현미경 사진 세트(150)를 나타낸다. 사진 세트(150)는 첫째로 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물을 사용하여 바람직하게 형성된 개방 기공 네트워크(152)를 나타낸다. 도면에서 알 수 있듯이, 섬유는 교차하는 섬유 노드에서 결합을 형성하며, 기공 형성제 및 바인더는 연소되어 다공성 개방 기공 네트워크가 형성된다. 대조적으로, 사진(154)은 공지의 공정을 사용하여 형성된 일반적인 폐쇄 셀 네트워크를 나타낸다. 부분적인 폐쇄 기공 네트워크는 다공성이 상대적으로 높으나, 다공성의 적어도 일부는 폐쇄 채널에서 의한 것이다. 이러한 폐쇄 채널은 투과성에 기여를 하지 못한다. 이에 의해 폐쇄 기공 네트워크와 폐쇄 기공 네트워크가 동일한 다공성을 가지더라도, 개방 기공 네트워크가 보다 바람직한 투과성 특성을 가질 수 있다.

<43> 이상에서 설명한 압출 성형 가능한 혼합물 및 공정을 사용하여 매우 효과적이며 다공성이 높은 기재를 제조한다. 일 예로, 다공성 기재는 도 5에서 도시된 필터 블록 기재(175)로 압출 성형될 수 있다. 기재 블록(175)는 피스톤 또는 스크류 압출기를 사용하여 압출 성형된다. 압출기는 상온, 약간 승온된 온도 또는 조절된 온도 윈도우에서 동작하도록 조절될 수 있다. 또한 압출기의 몇몇 부분은 다른 온도로 가열되어 압출 성형 혼합물의 겔화 특성, 전단 이력(shear history) 및 슬로우 특성에 영향을 줄 수 있다. 또한, 압출 성형 다이의 크기는 가열 및 소결 공정 동안 기재의 예상되는 수축을 조절하는 것에 따라 달라질 것이다. 바람직하게, 압출 성형 가능한 혼합물은 충분한 가스제 및 다른 가스제를 포함하는 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물이어서, 섬유질 물질의 압출 성형을 가능하게할 수 있다. 압출 형성된 중간 상태(green state) 블록은 경화되어 자유수를 제거하고 첨가제를 연소하여, 섬유들 사이의 구조적 결합을 형성한다. 형성된 블록(175)은 바람직한 고다공성 특징 뿐만 아니라 훌륭한 투과성 및 사용가능한 넓은 표면적을 가진다. 또한, 선택된 특정 섬유 및 첨가제에 따라, 블록(175)은 바람직한 깊이 필터(depth filter)로 형성될 수 있다. 블록(176)은 블록을 통하여 길이 방향으로 연장된 채널(179)을 포함한다. 블록의 입구(178)는 유통(flow-through) 공정을 위해 개방되어 있거나, 다른 모든 개구(opening)는 플러그되어 벽류 효과(wall flow effect)를 형성할 수 있다. 도면에는 블록(175)이 육면체 채널을 포함하는 것으로 도시되어 있으나, 다른 패턴 및 크기로 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 채널은 고른 크기의 정사각형, 직사각형, 또는 삼각형 패턴; 큰 입구를 가지는 팔각형/정사각형 또는 정사각형/직사각형 채널 패턴; 또는 다른 대칭적 또는 비대칭적 채널 패턴으로 형성될 수 있다. 채널 또는 셀의 정확한 형태 및 크기는 다이의 디자인을 조절함으로써 조절될 수 있다. 예를 들어, 정사각형 채널은 다이에 편이 형성된 EDM(Electronic Discharge Machining)을 사용하여 곡선 모양의 모서리를 가지도록 형성될 수 있다. 이러한 곡선 모양의 모서리는 약간 높은 백 프레스에도 불구하고, 최종 생성물의 강도를 증가를 기대할 수 있다. 또한 다이 디자인을 수정하여 허니컴 기재를 압출 성형할 수 있다. 여기서, 벽은 서로 다른 두께를 가지며, 스킨(skin)은 벽의 나머지와 다른 두께를 가진다. 유사하게 일부 용도에서, 외부 스킨은 압출 성형된 기재의 크기, 형태, 윤곽 및 강도의 최종적 정의에 적용될 수 있다. 유동 장치로서 사용될 경우, 블록(176)의 고다공성은 촉매 물질의 이용에서 표면적의 증가를 가능하게 한다. 이에 의해, 낮은 축열성을 가지는 매우 효과적이고 효율적인 촉매 컨버터를 만들 수 있다. 이러한 낮은 축열성으로, 형성된 촉매 컨버터는 양호한 라이트-오프 특성을 가지며, 촉매 물질을 효과적으로 사용한다. 벽 유동 또는 벽 필터 예에서 사용되는 경우, 기재 벽의 고투과성은 깊이 여과(depth filtration) 작용을 용이하게 하면서, 상대적으로 낮은 백 프레스를 가능하게 한다. 이러한 깊이 여과는 미립자의 제거에 효과적일 뿐만 아니라 보다 효과적인 재생을 용이하게 한다. 벽-유동 디자인에서, 기재를 통하여 유동하는 유체는 기재의 벽을 통하여 이동하며, 이에 의해 벽을 구성하는 섬유들과 더 직접적으로 컨택할 수 있다. 이러한 섬유는 촉매가 존재하는 경우와 같이 잠재적인 반응이 일어나는 넓은 표면적을 제공한다. 압출 성형 가능한 혼합물은 다양한 종류의 섬유, 첨가제 및 유체로부터 형성할 수 있으므로, 압출 성형 가능한 혼합물의 화학적 특징을 조정하여 특정 특성을 가지는 블록을 형성할 수 있다. 예를 들어, 최종 블록이 디젤 미립자 필터로 이용될 경우, 섬유는 재생이 조절되지 않는 극한의 온도에서도 안정적으로 동작하는 것을 고려하여 선택한다. 다른 예로, 블록이 특정 형태의 배기 가스를 여과하는 것에 사용될 경우, 섬유 및 결합은 기대되는 동작 온도 범위에서 배기 가스와 반응하지 않도록 선택된다. 이상에서 고다공성 기재의 이점을 여과 및 촉매 컨버터를 참고하여 설명하였지만, 다른 다양한 용도에서 고다공성 기재를 사용할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

<44> 도 2를 참고하여 설명한 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물은 다양한 종류의 기초 물질로부터 형성될 수 있다. 적절한 물질의 선택은 일반적으로 최종 기재가 동작해야 하는 화학적, 기계적, 그리고 환경적 조건에 기초할 수 있다. 따라서, 다공성 기재를 디자인하는 첫번째 단계는 기재의 최종 용도를 이해하는 것이다. 이러한 요구에 따라, 특정 섬유, 바인더, 기공 형성제, 유체 및 다른 물질들을 선택할 수 있다. 선택된 물질들에 적용되는 공정이 최종 기재 생산물에 영향을 미칠 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 섬유는 최종 기재 생성물에서 구조적으로 주요한 물질이므로, 섬유 물질의 선택은 최종 기재가 원하는 용도에서 동작하는 것에 매우 중요하다. 따라서, 섬유는 원하는 결합 요구에 따라 선택되며, 특정 형태의 결합 공정이 선택된다. 결합 공정은 액체 상태 소

결, 고체 상태 소결, 또는 글래스-형성제, 글래스, 클레이, 세라믹, 세라믹 전구체 또는 콜로이드 졸과 같은 결합체를 요구하는 결합일 수 있다. 결합체는 섬유 구조 중 하나의 일부, 섬유 상의 코팅 또는 첨가제 중의 하나의 성분일 수 있다. 하나 이상 형태의 섬유가 선택될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 몇몇 섬유는 경화 및 결합 공정 동안 소비될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 섬유 구성의 선택에서, 최종 동작 온도를 중요하게 고려하여 섬유의 열적 안정성이 유지될 수 있다. 다른 예에서, 섬유가 기대되는 가스, 액체 또는 고체 미립자 물질의 존재 하에서 화학적으로 안정하고 반응하지 않고 잔존하도록 선택한다. 섬유는 또한 비용에 따라 선택될 수 있으며, 몇몇 섬유는 그들의 작은 크기 때문에 건강적 관심이 고려될 수 있으며, 이에 의해 이들의 사용은 피해질 수 있다. 기계적 환경에 따라, 섬유는 견고한 강성 구조체를 형성하는 능력뿐만 아니라, 요구되는 기계적 무결성(integrity)을 유지하는 능력에 따라 선택된다. 적절한 섬유 또는 섬유 조합의 선택은 퍼포먼스와 용도의 트레이드-오프(trade-off)를 수반할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 도 6a의 표 1은 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물을 형성하는데 사용되는 몇몇 형태의 섬유를 나타낸다. 일반적으로 섬유는 산화물 또는 비산화물 세라믹, 글래스, 유기질, 무기질, 또는 금속성일 수 있다. 세라믹 물질의 경우, 섬유는 비결정질, 유리질, 폴리-결정질 또는 모노-결정질과 같은 다양한 상태일 수 있다. 도 1에서 다수의 이용가능한 섬유를 나타내었는지라도, 다른 형태의 섬유가 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

<45> 또한, 바인더 및 기공 형성제는 선택된 섬유의 형태뿐만 아니라 다른 원하는 특성에 따라 선택될 수 있다. 일 예로, 바인더를 선택하여 선택된 섬유들 사이의 액체 상태 결합의 특정 형태를 용이하게 할 수 있다. 보다 구체적으로, 바인더는 결합 온도에서 반응하여 액체의 유동과 교차하는 섬유 노드의 결합을 용이하게 하는 구성 요소를 포함한다. 또한 바인더는 선택된 섬유를 가소화하는 능력뿐만 아니라 중간 상태 강도를 유지하는 능력에 따라 선택될 수 있다. 일 예로, 바인더는 압출 성형이 사용되는 형태 및 압출 성형의 요구되는 온도에 따라 선택된다. 예를 들어, 몇몇 바인더는 많이 가열된 경우 젤라틴 매스를 형성하므로, 단지 낮은 온도의 압출 성형 공정에서만 사용될 수 있다. 다른 예에서, 바인더는 전단 혼합 특성에 대한 영향에 따라 선택될 수 있다. 이에 의해 바인더는 혼합 공정에서 원하는 중형비로의 섬유 초핑을 용이하게 한다. 바인더는 또한 분해 또는 연소 특성에 따라 선택될 수 있다. 바인더는 일반적으로 연소 과정 동안 섬유 구조체 형성이 붕괴되지 않고 위치에서 섬유를 유지하는 능력을 필요로 한다. 예를 들어, 바인더가 너무 빨리 또는 격렬히 연소될 경우, 배출 가스가 구조체 형성을 붕괴시킬 수 있다. 또한 바인더는 연소 후에 잔존하는 잔존 바인더의 양에 따라 선택될 수 있다. 몇몇 용도는 이러한 잔존물에 매우 민감할 수 있다.

<46> 기공 형성제는 상대적으로 적절한 다공성 형성에는 필요하지 않을 수 있다. 예를 들어, 바인더 내 섬유의 자연적인 배열 및 패킹은 약 40% 내지 60%의 다공성을 가능하도록 도울 수 있다. 이에 의해, 적절한 다공성의 기재는 기공 형성제의 사용 없이 압출 성형 공정을 이용하여 형성할 수 있다. 몇몇 경우, 기공 형성제의 제거는 공지의 공정과 비교하여 다공성 기재의 보다 경제적인 제조를 가능하게 한다. 그러나, 60% 이상의 다공성이 요구될 경우, 기공 형성제를 사용하여 경화 후에 기재 내에서 추가적인 기공을 형성할 수 있다. 기공 형성제는 또한 분해 또는 연소 특성에 따라 선택될 수 있으며, 그리고 그들의 크기 및 형태에 따라 선택될 수 있다. 기공 크기는 예를 들어, 특정 형태의 미립자 물질의 트랩, 또는 특별히 높은 투과성을 가능하게 하는 것에 중요하다. 기공의 형태 또한 적절히 조절되어, 예를 들어, 섬유의 적절한 배열에 조력할 수 있다. 예를 들어, 상대적으로 신장된 기공 형태는 섬유를 보다 정렬된 패턴으로 배열할 수 있으며, 반면에 보다 불규칙적이거나 구형 형태는 섬유를 보다 불규칙한 패턴으로 배열할 수 있다.

<47> 섬유는 제조업자로부터 초핑된 섬유를 제공받아 공정에서 바로 사용하거나, 일반적으로 사용하기 전에 처리되는, 벌크 형태로 제공받을 수 있다. 어느 쪽이든 섬유를 바람직한 최종 중형비 분포로 처리하는 방법에 대한 공정한 고려를 고려하여야 한다. 일반적으로, 섬유는 초기에 다른 첨가제와 혼합되기 전에 초핑되고, 이후 혼합, 전단 및 압출 성형 단계에서 더욱 초핑된다. 그러나 압출 성형 다이 면이 가압될 경우 딜러턴시(dilatency) 유동을 야기하지 않고 바람직한 압출 성형 압력에서 압출 성형 혼합물을 압출 성형 가능하게 하는 레올로지 셋팅에 의하여 압출 성형은 초핑되지 않은 섬유로 수행된다. 적절한 중형비 분포로의 섬유 초핑은 전체 공정의 다양한 지점에서 행해질 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 섬유가 선택되고 사용 가능한 길이로 초핑된 후, 바인더 및 기공 형성제와 혼합한다. 이러한 혼합은 우선 건조 형태로 수행되어 혼합 공정을 시작하거나 습윤 혼합 공정에서 수행될 수 있다. 유체, 일반적으로 물을 혼합물에 첨가한다. 요구되는 등질 분포 레벨을 얻기 위하여, 혼합물은 하나 이상의 단계를 통하여 전단 혼합된다. 전단 혼합 또는 분산 혼합은 혼합물 내에 섬유를 고르게 분포시키는 매우 바람직한 균일한 혼합 공정을 제공할 뿐만 아니라 나아가 원하는 중형비로의 섬유의 절단을 제공한다.

<48> 도 6b의 표 2는 선택 이용 가능한 몇몇 바인더를 나타낸다. 하나의 바인더 또는 다수의 바인더가 사용될 수 있

음을 이해할 수 있을 것이다. 바인더는 일반적으로 유기질 및 무기질 카테고리로 나뉜다. 유기 바인더는 일반적으로 경화 공정 동안 낮은 온도에서 연소될 수 있으며, 반면에 무기질 바인더는 일반적으로 높은 온도에서 최종 구조체의 일부를 형성할 수 있다. 몇몇 선택 가능한 바인더가 표 2에 표시되어 있을지라도, 다른 바인더들이 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 도 6c의 표 3은 이용 가능한 기공 형성제의 목록을 나타낸다. 기공 형성제는 일반적으로 유기질 또는 무기질로 정의되며, 유기질은 일반적으로 무기질에 비해 낮은 온도에서 연소된다. 표 3에 몇몇 기공 형성제가 표시되어 있을지라도, 다른 기공 형성제가 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 도 6d의 표 4는 사용될 수 있는 다양한 유체를 나타낸다. 물이 가장 경제적이며 유체로 흔히 사용 가능할지라도, 몇몇 용도에서는 다른 유체가 요구될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 표 4가 이용할 수 있는 몇몇 유체를 나타낼지라도, 특정 용도 및 공정 요구에 따라 다른 유체가 선택될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

<49> 일반적으로 혼합물을 조절하여 바람직한 압출 성형에 적절한 레올로지를 가질 수 있다. 일반적으로, 적절한 레올로지는 섬유, 바인더, 분산제, 가소제, 기공 형성제 및 유체의 적절한 선택 및 혼합으로부터 야기될 수 있다. 높은 혼합 정도는 섬유에 충분한 가소성을 제공하는 것이 필요하다. 적절한 섬유, 바인더 및 기공 형성제가 선택되면, 일반적으로 유체의 양은 최종적으로 조절하여 적절한 레올로지를 맞춘다. 적절한 레올로지는 두가지 테스트 중 하나에 의하여 지시될 수 있다. 첫번째 테스트는 숙련된 압출 성형 기술자의 손가락 사이에서 혼합물의 비드(bead)가 제거되고 형성되는 주관적인 비정형적인 테스트이다. 기술자는 손가락 사이에서 혼합물이 언제 적절히 미끄러지는 지를 알 수 있으며, 이는 혼합물이 압출 성형에 적절한 조건인지를 나타낸다. 보다 객관적인 두번째 테스트는 혼합물의 물리적 특성을 측정하는 것에 의존한다. 일반적으로, 전단 강도(shear strength)에 대한 성형 압력(compaction pressure)은 컨파인드(예, 고압) 환형 유량계(annular rheometer)를 사용하여 측정할 수 있다. 측정은 결합력(cohesion strength)에 대한 압력 의존도의 비교에 따라 수행되고, 분석된다. 다양한 혼합물 및 유체의 레벨에서 혼합물을 측정하여, 레올로지 지점을 확인하는 레올로지 도표를 만들 수 있다. 예를 들어, 도 6e의 표 5는 섬유질의 세라믹 혼합물의 레올로지 도표를 나타낸다. 축(232)은 응집력을 나타내며, 축(234)은 압력 의존성을 나타낸다. 압출 성형 가능한 영역(236)은 섬유질의 압출 성형이 쉽게 일어날 수 있는 영역을 나타낸다. 따라서, 어떤 측정에 의해 영역(236) 내로 특징되는 혼합물은 성공적으로 압출 성형될 수 있다. 물론, 레올로지 도표가 변동할 수 있으며, 영역(236)의 위치가 변동될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 레올로지 및 가소성을 측정하는 몇몇 다른 직접적 그리고 간접적인 테스트가 있으며, 이들 중 일부를 사용하여 원하는 생성물의 최종 형태로 압출 성형될 수 있는 적절한 레올로지를 가지는 지 여부를 체크할 수 있다.

<50> 적절한 레올로지에 도달한 후, 압출기를 통하여 혼합물을 압출 성형한다. 압출기는 피스톤 압출기, 단일 스크류 압출기 또는 트윈 스크류(twin screw) 압출기일 수 있다. 압출 성형 공정은 고도로 자동화되어 있을 수 있으며, 또는 사람의 조절을 필요할 수도 있다. 혼합물을 원하는 기재 블록의 단면 형태를 가지는 다이로 통하여 압출 성형한다. 다이를 선택하여 중간 기재를 충분히 형성한다. 이에 의해, 안정한 중간 기재가 형성되며, 이는 섬유 배열 및 형태를 유지하면서 경화 공정을 통하여 처리될 수 있다.

<51> 이후, 중간 기재를 건조하고 경화한다. 건조는 상온, 조절된 온도 및 습도 조건(예컨대, 조절된 오븐), 마이크로 오븐, RF 오븐 및 대류 오븐(convection oven)에서 행해질 수 있다. 경화는 일반적으로 자유수 제거하여 요구하며 중간 기재를 건조한다. 크랙 또는 구조적 결함이 일어나지 않도록 조절된 방법으로 중간 기재를 건조하는 것이 중요하다. 따라서, 온도를 올려서 바인더 및 기공 형성제와 같은 첨가제를 연소할 수 있다. 온도를 조절하여 조절된 방법으로 첨가제를 연소할 수 있다. 첨가제의 연소는 다양한 시간 사이클 및 다양한 가열 레벨을 통한 온도 사이클링이 요구됨을 이해할 수 있을 것이다. 첨가제가 연소된 후, 기재는 요구되는 소정의 온도까지 가열되어 섬유들의 교차점 또는 노드에서 구조적 결합이 형성된다. 요구되는 소정의 온도는 요구되는 결합 형태 및 섬유들의 화학적 성질에 따라 선택된다. 예를 들어, 액체-조력(liquid-assisted) 소결 결합은 일반적으로 고체 상태 결합보다 낮은 온도에서 형성된다. 결합 온도에서 시간의 양은 형성되는 특정 결합의 형태에 따라 조절될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 전체적인 열적 사이클은 동일한 노(furnace), 다른 노, 배치 또는 연속 공정(continuous processes) 및 대기 또는 조절된 대기 조건에서 수행될 수 있다. 섬유 결합이 형성된 후, 기재를 상온까지 천천히 냉각한다. 경화 공정은 단일 오븐 또는 다수의 오븐/노에서 수행될 수 있으며, 터널 킬른(tunnel kiln)과 같은 생산 오븐/노에서 자동화 생산될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

<52> 도 7을 참고하여, 다공성 기재의 압출 성형 시스템을 설명한다. 시스템(250)은 다공성 기재를 생산하는 매우 유연한 공정이다. 기재를 디자인하기 위하여, 블록(252)에 나타난 바와 같이 기재의 요구 조건을 정의한다. 예를 들어, 기재의 최종 용도가 일반적으로 기재의 요구 조건을 정의하며, 이는 크기 제한, 온도 제한, 강도 제한, 및 화학적 반응 제한을 포함할 수 있다. 또한, 기재의 비용 및 대량 생산성이 특정 선택을 결정하고 유도할 수 있다. 예를 들어, 고생산율은 압출 성형 다이에서 상대적으로 높은 온도의 발생을 수반할 수 있으므로, 경화 또

는 겔화 없이 승온된 온도에서 동작하는 바인더를 선택할 수 있다. 고온의 바인더를 사용하는 압출 성형에서, 다이 및 배럴(barrel)은 60℃ 내지 180℃와 같이 상대적으로 고온에서 유지되는 것이 필요할 수 있다. 이러한 경우, 바인더가 녹을 수 있어서 추가적인 유체에 대한 요구를 줄이거나 제거할 수 있다. 다른 예에서, 필터는 미립자 물질을 트랩하도록 디자인될 수 있으므로, 섬유는 승온된 온도에서도 미립자 물질과 반응하지 않고 잔존하도록 선택될 수 있다. 다양한 범위의 가능한 혼합물 및 공정으로 다양한 용도에 적용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명의 기술 분야에 숙련된 자는 섬유, 바인더, 기공 형성제, 유체 및 공정 단계의 선택에 있어 트레이드-오프를 고려할 수 있을 것이다. 또한, 시스템(250)의 중요한 이점 중의 하나는 혼합물 구성물의 선택 및 공정 조절에 대한 유연성이다.

<53> 기체의 요구 조건이 결정된 후, 블록(253)에 나타난 바와 같이 도 6a의 표 1에서 섬유를 선택한다. 섬유는 하나의 형태일 수 있으며, 또는 둘 이상 형태의 조합일 수 있다. 일부 섬유는 경화 공정 동안 소비되는 것을 선택할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한 첨가제는 섬유 상의 코팅과 같이 섬유에 첨가되어 다른 물질을 혼합물에 제공할 수 있다. 예를 들어, 분산제를 섬유에 적용하여 섬유의 배열 및 분리를 용이하게 하거나, 결합 보조제를 섬유에 코팅할 수도 있다. 결합 보조제의 경우, 섬유가 경화 온도에 도달할 경우, 결합 보조제가 액체 상태 결합의 유동 및 형성을 보조한다.

<54> 80% 다공성을 얻기 위한 일반적인 조성

<55>

		농도 (g/cc)	질량 (g)	부피 (cc)	부피 (%)
섬유	블라이트	2.7	300.0	111.1	9.2
강화제	벤토나이트	2.6	30.0	11.5	1.0
바인더	HMPC (하이드록시프로필메틸셀룰로즈)	0.5	140.0	280.0	23.1
가소제	프로필렌 글리콜	1.1	15.0	13.6	1.1
기공 형성제	PMMA (폴리메틸메타크릴레이트)	1.19	500.0	420.2	34.7
유체	물	1	375.0	375.0	31
		합계	1360.0	1211.5	100.0

<56> 그리고, 블록(255)에 나타난 바와 같이, 바인더를 도 6b의 표 2에서 선택한다. 바인더를 선택하여 중간 상태 강도뿐만 아니라 연소 조절이 용이하게 한다. 또한 바인더를 선택하여 혼합물에서 충분한 가소성을 형성한다. 만약 필요할 경우, 블록(256)에 나타난 바와 같이, 기공 형성제를 도 6c의 표 3에서 선택한다. 몇몇 경우에는, 충분한 다공성이 섬유 및 바인더의 사용만을 통하여 획득될 수 있다. 다공성은 섬유의 자연적인 패킹 특성뿐만 아니라 바인더, 용매 및 디-바인딩 및 경화 단계에서 방출되는 다른 휘발성 구성 요소에 의해 점유되는 공간에 의해 달성될 수 있다. 고다공성을 달성하기 위하여, 추가적인 기공 형성제를 추가할 수 있다. 기공 형성제는 또한 조절된 연소 능력에 따라 선택될 수 있으며, 또한 혼합물의 가소화에 조력할 수 있다. 블록(257)에 나타난 바와 같이, 도 6d의 표 4에서 유체, 일반적으로 물을 선택한다. 섬유의 배열 및 분리에 조력하는 분산제, 혼합물의 유동 특성을 향상시키는 압출 성형 보조제 및 가소제와 같은 다른 액체 물질을 첨가할 수 있다. 분산제를 사용하여 섬유 상의 표면 전하를 조절할 수도 있다. 이에 의해, 섬유는 그들의 전하를 조절하여 개별 섬유 각각이 서로 반발하도록 할 수 있다. 이는 섬유의 랜덤 분산 및 등질성을 더욱 용이하도록 한다. 80% 다공성을 가지는 기체를 형성하는 일반적인 혼합물 구성은 하기와 같을 수 있다. 대상 다공성, 특정 용도 및 공정적 고려에 따라 혼합물이 조절될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

<57> 블록(254)에 나타난 바와 같이, 블록(252)에서 선택된 섬유는 처리되어 적절한 중형비 분포를 가질 수 있다. 이러한 중형비는 바람직하게 3 내지 500 범위이나, 하나 이상의 분포 모드를 가질 수 있다. 다른 범위 예를 들어, 약 1000의 중형비가 선택될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 일 예에서 중형비의 분포는 원하는 범위 내에서 임의로 분포될 수 있으며, 다른 예에서 중형비는 보다 불연속적으로 모드 값에서 선택될 수 있다. 중형비는 섬유의 패킹 특성을 정의하는데 있어 중요한 특성으로 밝혀졌다. 따라서, 중형비 및 중형비의 분포가 선택되어 특정 강도 및 다공성 요구를 충족할 수 있다. 또한, 바람직한 중형비 분포의 섬유의 처리는 공정의 다양한 지점에서 수행될 수 있다. 예를 들어, 섬유는 제3의 프로세서에 의해 초핑되어, 소정의 중형비 분포에 도달할 수 있다. 다른 예에서, 섬유는 벌크 형태로 제공되며, 압출 성형 공정 이전 단계에서 적절한 중형비로 처리될 수 있다. 혼합, 전단 혼합 또는 분산 혼합 및 공정(250)의 압출 성형 양태가 섬유의 초핑 및 절단에 또한 기여할 수

있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 혼합물에 도입된 섬유의 원래 중형비는 최후의 경화된 기재에서의 중형비와 다를 수 있다. 따라서, 공정에 도입되는 적절한 중형비 분포를 선택(254)할 경우, 혼합, 전단 혼합 및 압출 성형의 초핑 및 절단 효과가 고려될 수 있다.

<58> 섬유가 적절한 중형비 분포로 처리되어, 블록(262)에 나타난 바와 같이 섬유, 바인더, 기공 형성제 및 유체를 균일한 매트로 혼합한다. 혼합 공정은 건조 혼합 태양, 습윤 건조 태양 및 전단 혼합 태양을 포함할 수 있다. 전단 또는 분산 혼합이 매트내에서 섬유의 높은 균일한 분포를 형성하는데 바람직한 것으로 나타났다. 분포는 혼합물 내에서 세라믹 물질의 상대적으로 낮은 농도 때문에 특히 중요하다. 균일한 혼합물이 혼합됨에 따라, 블록(264)에 나타난 바와 같이 혼합물의 레올로지가 조절될 수 있다. 혼합물이 혼합됨에 따라, 레올로지는 계속적으로 변한다. 레올로지는 주관적으로 테스트되거나 도 6e의 표 5에 나타난 바와 같이 바람직한 영역을 충족하는 지를 측정할 수 있다. 바람직한 영역 내의 혼합물은 적절한 압출 성형의 가능성이 있다. 그리고 블록(268)에 나타난 바와 같이, 혼합물을 중간 기재로 압출 성형한다. 스크류 압출기의 경우, 혼합물은 별도의 혼합기에서가 아니라 압출기 자체 내에서 혼합이 일어날 수 있다. 이러한 경우, 혼합물의 전단 이력은 주의 깊게 관리되고 조절된다. 중간 기재는 충분한 중간 강도를 가지며, 경화 공정 동안 형태 및 섬유의 배열을 유지한다. 그리고 블록(270)에 나타난 바와 같이 중간 기재를 경화한다. 경화 공정은 잔존하는 물의 제거, 대부분의 첨가제의 조절된 연소, 및 섬유 대 섬유의 결합 형성을 포함한다. 연소 공정 동안, 섬유는 탱글링 및 교차 관계(intersecting relationship)를 유지하며, 경화 공정이 진행됨에 결합은 교차점 또는 노드에서 형성된다. 결합은 액체 상태 또는 고체-상태 결합 공정에서 야기될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한 결합의 일부는 섬유 자체 내 또는 섬유 상의 코팅과 같은 바인더, 기공 형성제에 제공된 첨가제의 반응에 의한 것일 수 있다. 결합이 형성된 이후에, 기재를 상온으로 천천히 냉각한다.

<59> 도 8을 참고하여, 다공성 섬유질 기재의 경화 방법을 설명한다. 방법(275)은 섬유질의 세라믹 함유물을 포함하는 중간 기재를 포함한다. 경화 공정은 우선 블록(277)에 나타난 바와 같이 기재에서 잔존하는 물을 천천히 제거한다. 일반적으로, 물의 제거는 오븐에서 상대적으로 낮은 온도에서 수행될 수 있다. 잔존하는 물이 제거된 후에, 블록(279)에 나타난 바와 같이 유기 첨가제를 연소할 수 있다. 이러한 첨가제는 조절된 방법으로 연소되어, 섬유의 적절한 배열을 용이하게 하고, 가스의 배출을 보장하며, 그리고 잔존물은 섬유 및 구조체를 방해하지 않는다. 첨가제가 연소됨에 따라, 섬유는 오버랩된 배열을 유지하며, 나아가 블록(281)에 나타난 바와 같이 교차점 또는 노드에서 컨택할 수 있다. 섬유는 바인더를 사용하여 이러한 오버랩된 배열로 배치될 수 있으며, 그리고 기공 형성제의 사용을 통하여 특정 패턴이 형성될 수 있다. 일부 경우, 무기질 첨가제를 사용할 수 있으며, 이러한 첨가제는 섬유들을 결합하고, 결합 형성 공정 동안 소비되거나 최종 기재 구조물의 일부로 잔존할 수 있다. 경화 공정이 진행되어 블록(285)에 나타난 바와 같이, 섬유 대 섬유의 결합이 형성된다. 결합 형성에 필요한 특정 시간 및 온도는 사용되는 섬유의 형태, 사용되는 결합 보조제 또는 결합제의 형태 및 원하는 결합의 종류에 의존한다. 일 예에서, 결합은 블록(286)에 나타난 바와 같이 섬유들 사이에 형성된 액체 상태 소결 결합일 수 있다. 이러한 결합은 시스템 내에 존재하는 글래스-형성제, 글래스, 세라믹 전구체 또는 무기질 플럭스에 의해 보조된다. 다른 예에서, 액체 상태 소결 결합은 블록(288)에 나타난 바와 같이, 소결 보조제 또는 소결제를 사용하여 형성할 수 있다. 소결 보조제는 섬유 상의 코팅, 첨가제로서, 바인더, 기공 형성제, 또는 섬유 자체의 화학물에서 제공될 수 있다. 또한, 섬유 대 섬유 결합은 블록(291)에 나타난 바와 같이 섬유들 사이에 고체-상태의 소결에 의하여 형성될 수 있다. 이러한 경우, 교차하는 섬유는 그레인 성장 및 물질 전달(mass transfer)을 나타내며, 노드 및 전체 강성 구조체에서 화학적 결합을 야기할 수 있다. 액체 상태 소결의 경우, 결합 물질(mass of bonding material)은 섬유들의 교차 노드에 축적되며, 강성 구조체를 형성한다. 경화 공정은 하나 이상의 오븐에서 수행될 수 있으며, 산업적 터널 또는 킬른 형태 노에서 자동화 수행될 수 있음을 이해할 수 것이다.

<60> 도 9를 참고하여, 섬유를 준비하는 공정을 설명한다. 공정(300)은 블록(305)에 나타난 바와 같이, 벌크 섬유가 제공되는 것을 나타낸다. 벌크 섬유는 일반적으로 응집되고 엮인 배열의 매우 신장된 섬유를 포함한다. 이러한 벌크 섬유를 처리하여 혼합 공정에서 사용되는 섬유로 충분히 분리하고 절단한다. 따라서, 벌크 섬유를 물(307) 및 가능한 분산제(309)와 혼합하여 슬러리(311)를 형성한다. 분산제(309)는 예를 들어, pH 조절제 또는 섬유들이 서로 반발하는 것을 조력하는 전하 조절제일 수 있다. 몇몇 다른 형태의 분산제가 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 일 예에서, 벌크 섬유를 슬러리를 도입하기 전에 분산제로 코팅한다. 다른 예에서, 단순히 슬러리 혼합물(311)에 분산제를 첨가한다. 블록(314)에 나타난 바와 같이 슬러리 혼합물을 격렬히 혼합한다. 이런 격렬한 혼합은 사용 가능한 중형비 분포로 벌크 섬유를 초핑하고 분리하는 역할을 한다. 앞에서 설명한 바와 같이, 처음에 사용한 섬유의 중형비는 혼합 및 압출 성형 공정이 섬유를 더욱 초핑함에 따라 최종 기재의 분포와

다를 수 있다.

- <61> 섬유를 적절한 중형 분포로 초핑한 이후, 필터 프레스(316)를 사용하거나 다른 장비의 필터에 프레스하여 물을 대부분 제거한다. 동결 건조와 같은 물을 제거하는 다른 공정이 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 필터 프레스는 압력, 진공 또는 다른 수단을 사용하여 물을 제거할 수 있다. 일 예에서 초핑된 섬유는 건조되어 블록(318)에 나타난 바와 같이 건조 상태로 될 수 있다. 이러한 건조된 섬유는 이후에 블록(327)에 나타난 바와 같이 다른 바인더 및 건조 기공 형성제와 혼합하는 건조 혼합 공정(323)에서 사용될 수 있다. 초기의 건조 혼합은 균일한 매스의 생성에 조력한다. 다른 예에서, 필터링된 섬유의 수분 함량은 블록(321)에서 나타난 바와 같이 적절한 수분 함량으로 조절된다. 더욱 구체적으로, 초핑된 섬유 케이크에 충분한 물이 잔존하여 블록(325)에 나타난 바와 같이 습윤 혼합을 용이하게 한다. 슬러리 물(slurry water)을 섬유에 남김으로써, 섬유의 추가적인 분리 및 분포를 획득할 수 있다. 또한 습윤 혼합 단계에서 바인더 및 기공 형성제를 추가할 수 있으며, 물(329)을 첨가하여 정정된 레올로지를 획득할 수 있다. 블록(332)에 나타난 바와 같이 매스를 전단 혼합한다. 스크류 압출기, 더블 스크류 압출기 또는 전단 혼합기(예, 시그마 블레이드형 혼합기)를 사용하여 혼합물을 스파게티 형태의 다이에 통과시켜 전단 혼합을 수행할 수 있다. 전단 혼합은 또한 시그마 혼합기, 고전단 혼합기 및 스크류 압출기 내부에서 일어날 수 있다. 전단 혼합 공정은 압출 성형이 동작하는 압출 성형 가능한 레올로지 및 바람직한 가소성을 가지는 보다 균일한 매스(335)를 생성하는데 바람직하다. 균일한 매스(335)는 오버랩된 매트릭스에 배열된 섬유의 고른 분포를 가진다. 이에 의해, 균일한 매스가 기재 블록으로 압출 성형되고 경화됨에 따라, 섬유는 강성 구조체로의 결합을 가능하게 한다. 게다가 이러한 강성 구조체는 고다공성, 고투광성 및 넓은 표면적을 가지는 개방 기공 네트워크를 형성한다.
- <62> 도 10을 참고하여, 구배를 갖는 기재 블록(gradient substrate block)의 제조 방법을 설명한다. 공정(350)은 구배 특성을 갖는 기재 블록의 압출 성형 및 제조를 가능하게 디자인된다. 예를 들어, 기재는 블록의 중심을 향하여 제1 물질을 가지고 블록의 외부를 향하여 다른 물질을 가지도록 형성될 수 있다. 보다 구체적인 예에서, 특히 높은 열이 요구되는 블록의 중심에는 낮은 열적 팽창 계수를 가지는 물질을 사용하며, 반면에 낮은 열이 요구되는 바깥 부분에는 상대적으로 높은 열적 팽창 계수를 가지는 물질이 사용한다. 이에 의해 보다 통일된 팽창 특성이 전체 블록에서 유지될 수 있다. 다른 예에서, 블록의 선택된 영역이 증가된 구조적 지지를 제공하는 높은 밀도의 세라믹 물질을 포함할 수 있다. 이러한 구조적 지지 부재(member)는 블록에 동심원 방향으로 배열되거나 축 방향으로 배열될 수 있다. 따라서, 특정 물질이 용도의 요구에 따른 화학적 특징, 기공 크기 또는 다공성의 원하는 구배에 따라 선택될 수 있다. 게다가, 구배는 두 개 이상의 물질의 사용을 수반할 수 있다.
- <63> 일 예에서 구배를 갖는 구조체는 제1 물질(351)의 실린더를 제공하여 제조할 수 있다. 제2 물질(353)의 시트(sheet)는 도면 부호 355에 나타난 바와 같이 실린더(351) 주위를 감싼다. 이에 의해 B 층(353)은 내부 실린더(351) 주위의 환형 튜브가 된다. 그리고, 층을 이룬 실린더(355)를 피스톤 압출기에 배치하고, 공기를 배출하며 매스를 다이를 통하여 압출 성형한다. 압출 성형 공정 동안, 물질은 물질 A와 물질 B 사이의 인터페이스에서 혼합되어, 고른(seamless) 인터페이스를 용이하게 한다. 이러한 인터페이스는 다른 종류의 물질들 사이에서 섬유의 결합 및 오버랩을 가능하게 하며, 이에 의해 전체적으로 더 견고한 구조체를 용이하게 한다. 물질이 압출 성형, 경화 및 패키징 이후에, 구배를 갖는 기재를 가지는 필터 또는 촉매 컨버터 패키지(357)를 제조한다. 보다 구체적으로, 물질 A는 기재의 중심을 형성하는 반면, 물질 B(361)는 외부 부분을 형성한다. 둘 이상의 물질이 사용될 수 있으며, 기공 크기, 다공성 및 화학적 특성이 구배적으로 조정될 수 있음을 알 수 있을 것이다.
- <64> 도 11을 참고하여, 구배를 갖는 기재를 형성하는 다른 공정(375)을 설명한다. 공정(375)에서 제1 실린더(379)는 피스톤 압출 성형 배럴의 대략적인 크기로 제공된다. 일 예에서, 외부 실린더(379)는 피스톤 압출기에서 사용되는 실질적인 배럴이다. 외부 튜브(379)보다 작은 직경의 내부 튜브(377)가 제공된다. 튜브들은 동심원적으로 배열되어 내부 튜브(377)가 튜브(379)의 내부에 동심원적으로 배치된다. 제1 압출 성형 가능한 혼합물 펠릿(pellet, 383)을 내부 튜브(377)에 증착하고, 반면에 제2 압출 성형 가능한 혼합물 펠릿(381)을 튜브(377)와 튜브(379) 사이의 링에 증착한다. 내부 튜브를 조심해서 제거하여, 물질 A가 물질(381)에 의해 동심원적으로 둘러싸인다. 그리고 물질의 배열을 압출 성형 피스톤에 배치하고, 공기를 진공으로 제거하며 다이를 통하여 압출 성형한다. 압출 성형, 경화 및 패키징 후에, 도 10을 참고하여 설명한 구배를 갖는 기재를 형성한다. 두개 이상의 동심원적인 링이 제조될 수 있으며, 다양한 형태의 구배가 형성될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- <65> 도 12를 참고하여 구배를 갖는 기재를 제조하는 또 다른 방법을 설명한다. 방법(400)은 교차하는 두 개의 압출 성형 가능한 물질의 디스크를 포함하는 압출 성형 가능한 혼합물(402)의 컬럼을 포함한다. 압출 성형 가능한 혼합물(402)은 제2 물질(404)에 인접한 제1 물질(403)을 포함한다. 일 예에서, 물질 A는 상대적으로 다공성이며, 반면에 물질 B는 덜 다공성이다. 압출 성형 동안, 물질은 압출 성형 다이를 통하여 유동하여 A 부분 및 B 부분

의 섬유가 오버랩된 배열에서 혼합된다. 이에 의해, A 부분 및 B 부분은 함께 결합되어 섬유질의 기재 블록을 형성한다. 경화 및 패키징에 의해, 필터(406)가 제조된다. 필터(406)는 상대적으로 다공성이 높은 제1 부분(407)과 상대적으로 다공성이 낮은 제2 부분(408)을 포함한다. 이에 의해 필터(406)를 통과하는 가스는 큰 기공 크기를 갖는 다공성이 높은 영역을 통하여 우선 여과된 후, 작은 기공 크기를 갖는 다공성이 낮은 영역을 통하여 다시 여과된다. 이에 의해, 큰 입자는 영역(407)에서 트랩되고, 반면에 작은 입자는 영역(408)에서 트랩된다. 디스크 물질의 수 및 크기는 용도의 요구에 따라 조절될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

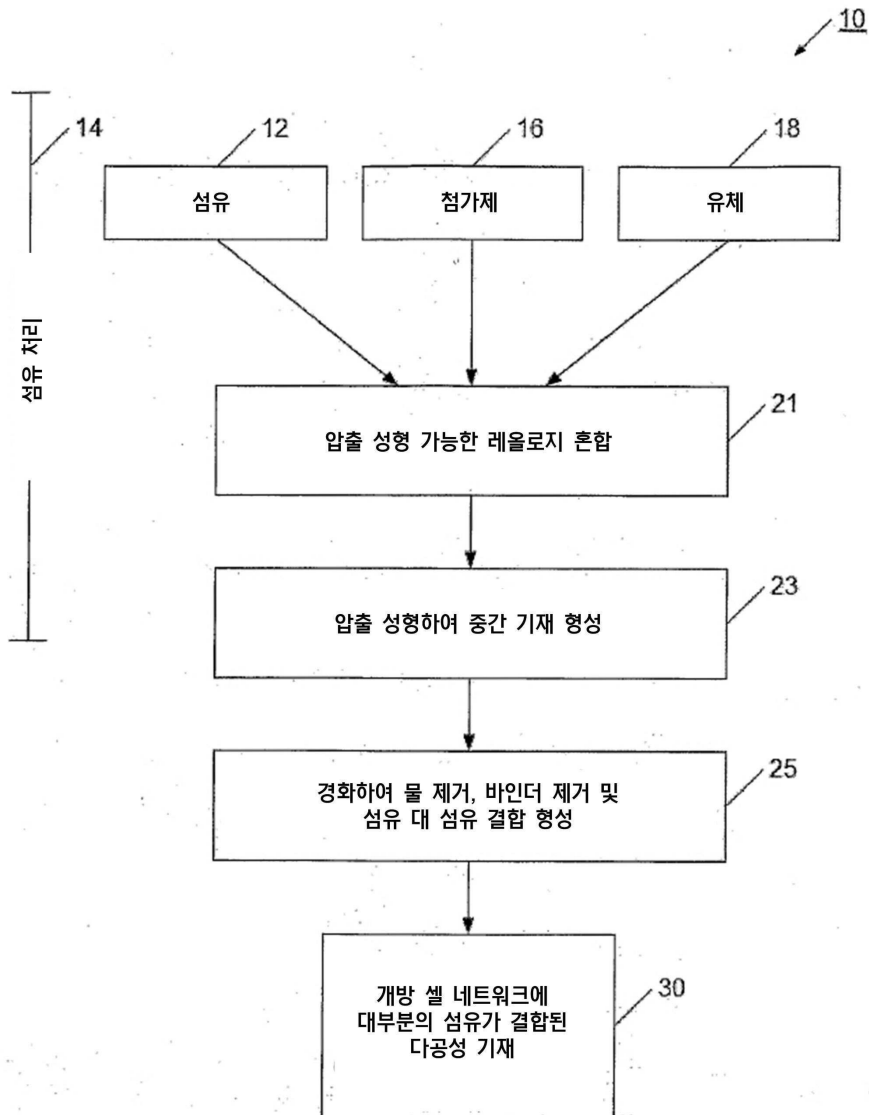
- <66> 섬유 압출 성형 시스템은 실시예에 큰 유연성을 제공한다. 예를 들어, 다양한 범위의 섬유 및 첨가제를 선택하여 혼합물을 형성할 수 있다. 몇몇 혼합 및 압출 성형 옵션뿐만 아니라 경화 방법, 시간 및 온도와 관련된 옵션도 존재한다. 개시된 본 발명의 범주로, 압출 성형 기술 분야의 당업자는 본 발명이 다양하게 변형되어 사용될 수 있음을 알 수 있을 것이다. 허니컴 기체는 본 발명에서 설명하는 기술을 사용하여 제조되는 일반적인 디자인이나, 다른 모양, 크기, 윤곽, 디자인이 다양한 용도에서 압출 성형될 수 있다.
- <67> 필터 장치(DPF, 기름/공기 필터, 핫 가스 필터, 공기-필터, 정수 필터) 또는 촉매 장치(예, 3-방향 촉매 컨버터, SCR 촉매, 오존분해기(deozonizer), 탈취제, 생물학적 반응기, 화학적 반응기, 산화 촉매 등)에서 사용되는 것과 같은 특정 용도에서, 압출 성형된 기재의 채널은 플러그될 필요가 있을 수도 있다. 압출 성형된 기재와 유사한 혼합물의 물질을 사용하여 기체를 플러그한다. 플러그(plugging)는 중간 상태 또는 소결된 기재 상에서 할 수 있다. 대부분의 플러그 혼합물은 경화 열 처리 및 압출 성형된 기재와의 결합을 요구한다.
- <68> 본 발명의 의도에 의한 바람직하고 대체적인 실시예들을 개시하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자에게 본 명세서에서 개시된 본 발명의 교시를 사용하여 상기에서 설명한 기술의 다양한 수정 및 확장을 할 수 있음을 명백할 것이다. 이러한 수정 및 확장은 첨부된 청구항에서 논의된 본 발명의 사상과 범위 내에 포함된다.

도면의 간단한 설명

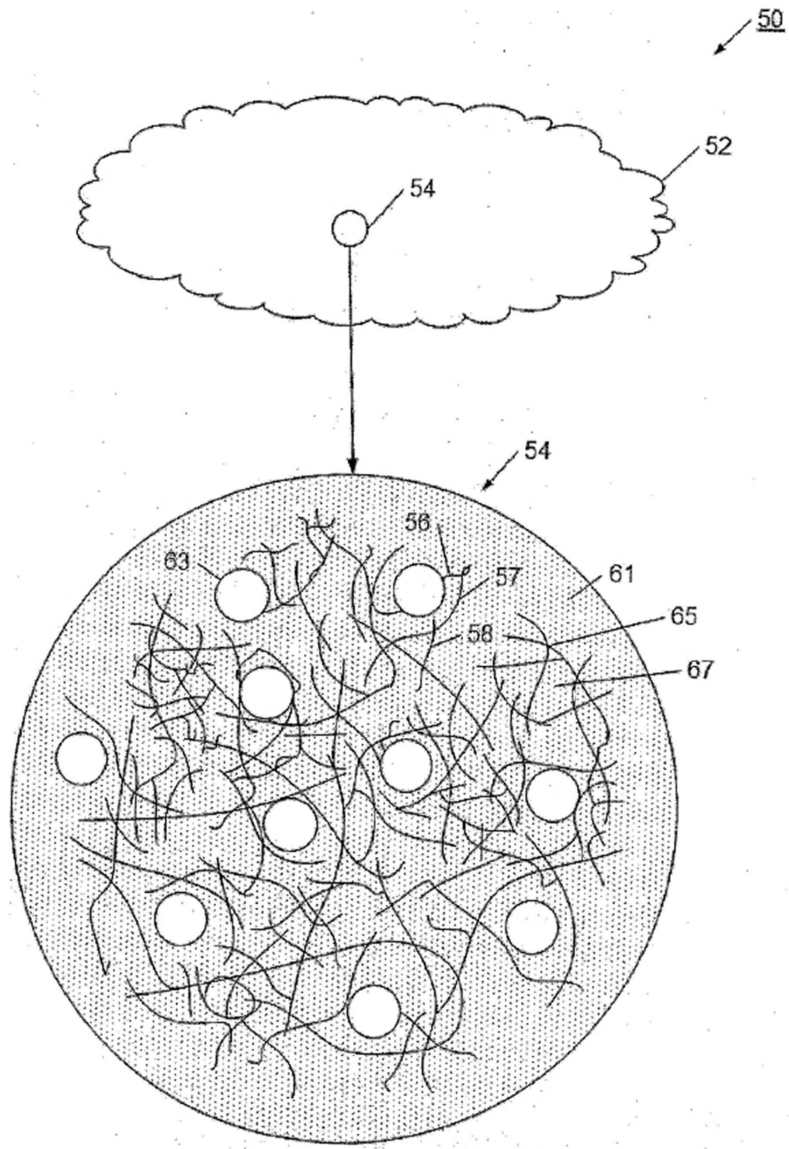
- <10> 도 1은 본 발명에 따른 다공성 기체를 압출 성형하는 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <11> 도 2는 본 발명에 따른 섬유질의 압출 성형 가능한 혼합물을 설명하는 도면이다.
- <12> 도 3a 및 도 3b는 본 발명에 따른 개방 기공 네트워크를 설명하는 도면이다.
- <13> 도 4는 본 발명에 따른 개방 기공 네트워크 및 종래 기술에 따른 폐쇄 기공 네트워크의 전자 현미경 사진이다.
- <14> 도 5는 본 발명에 따른 다공성 기체를 사용한 필터 블록을 설명하는 도면이다.
- <15> 도 6은 본 발명에 따른 유용한 섬유, 바인더, 기공 형성제, 유체 및 유용한 레올로지 표들이다.
- <16> 도 7은 본 발명에 따른 다공성 기체를 압출 성형하는 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <17> 도 8은 본 발명에 따른 다공성 기재의 경화 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <18> 도 9는 본 발명에 따른 다공성 기재의 섬유를 처리하는 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <19> 도 10은 본 발명에 따른 구배를 갖는 다공성 기체를 압출 성형하는 것을 설명하는 도면이다.
- <20> 도 11은 본 발명에 따른 구배를 갖는 다공성 기체를 압출 성형하는 것을 설명하는 도면이다.
- <21> 도 12는 본 발명에 따른 구배를 갖는 다공성 기체를 압출 성형하는 것을 설명하는 도면이다.

도면

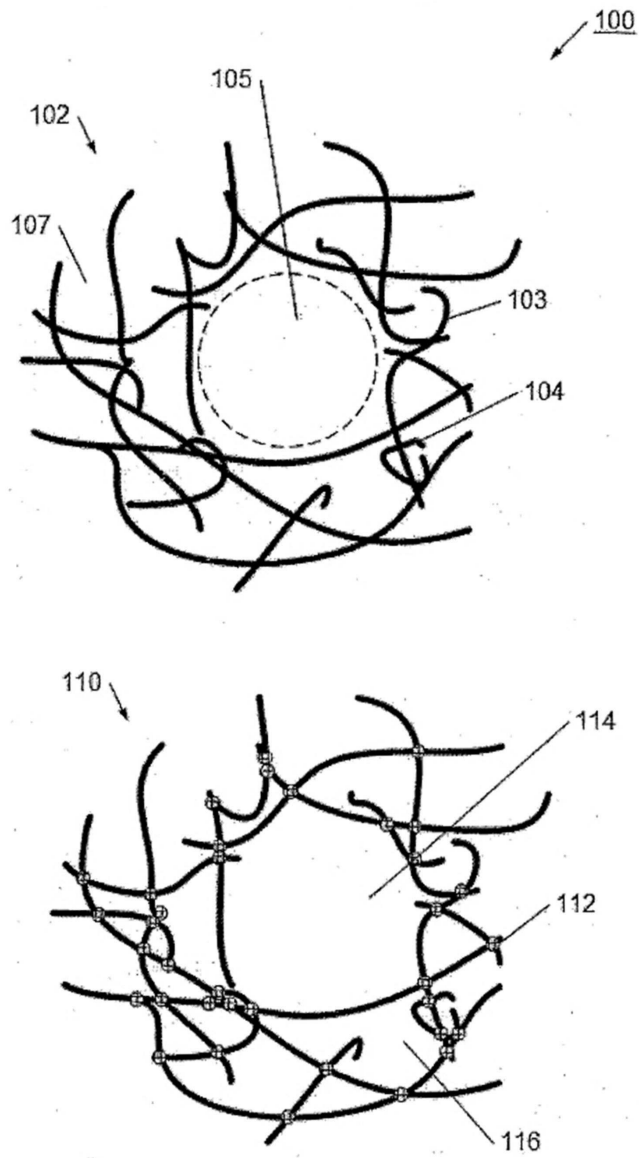
도면1



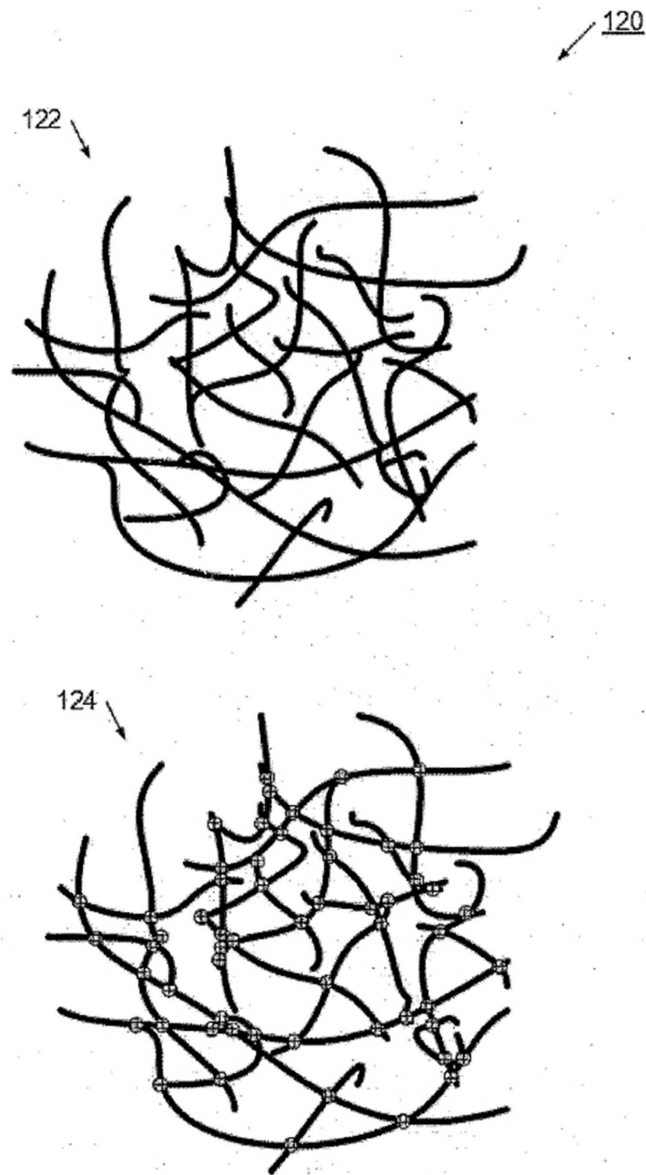
도면2



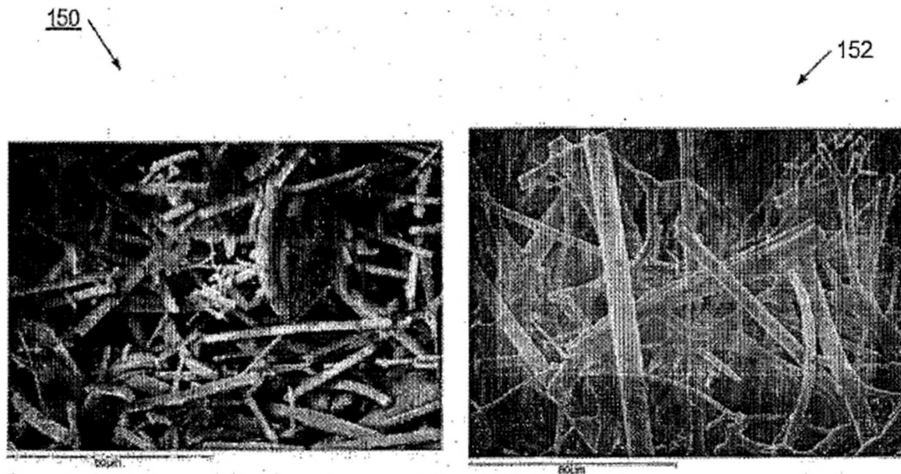
도면3a



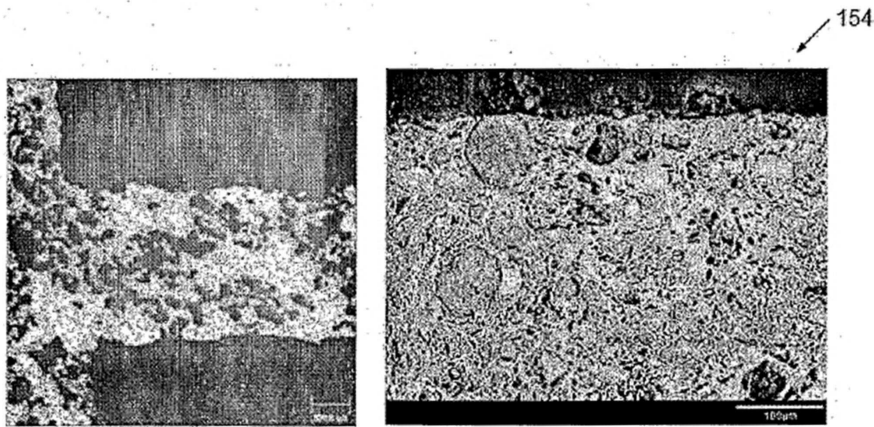
도면3b



도면4



개방 셀 네트워크

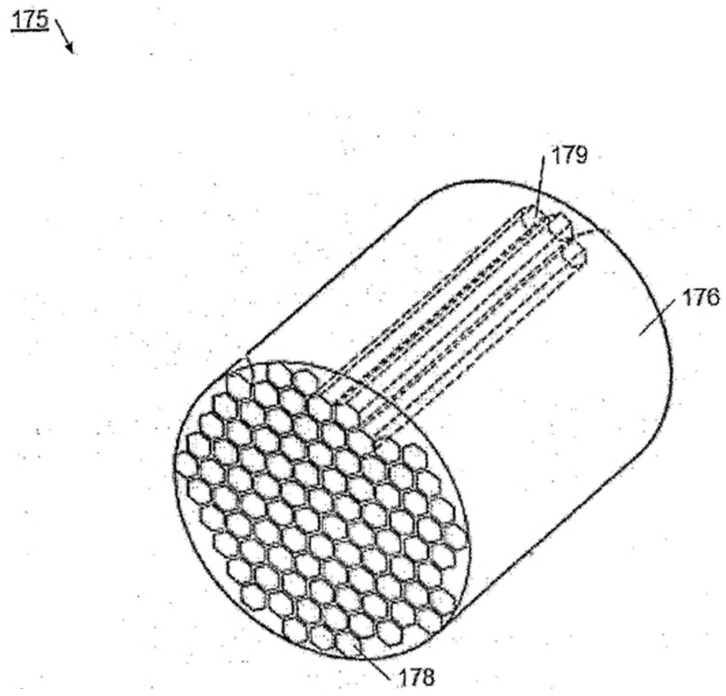


부분적 개방 기공 구조체
(약 55% 다공성)

약 15% 내지 약 30%
다공성의 폐쇄 셀 네트워크

폐쇄 셀 네트워크
(종래 기술)

도면5



도면6a

표 1- 섬유 선택

섬유 조합물		핵스커
글라이트	알렉스 섬유	Al ₂ O ₃
알루미나	피브릭스 섬유	MgO
실리카	글라스레프 섬유	MgO-Al ₂ O ₃
알루미나 및 실리카 복합체	아라미드 섬유	Fe ₂ O ₃
알루미나 복합체	탄소 섬유	BaO
실리카 및 알루미나실리케이트	포스핀스	MoO
알루미나보트실리케이트	인코넬	NiO
실리콘 카바이드	하스텔로이	Cr ₂ O ₃
실리콘 나이트라이드	이트륨 니켈 가넷	ZnO
코디에라이트	FeCrAl 합금	Si ₃ O ₄
넥스텔 312, 440, 550, 610, 650, 720	페놀 섬유	AlN
YAG(이트륨 알루미늄 가넷) 섬유 및 AETB 증합물	글리머 섬유	ZnS
알루미나-글라이트	셀룰로즈	CeS
알루미나-실리카-지르코니아	케라믹	탈스텐 루사이드
알루미나-실리카-코르디아	케라라	LaB ₆
마그네슘-실리케이트	나일론	CrB
마그네슘-스트론튬실리케이트	PTFE	SiC
마그네슘-칼슘 스트론튬실리케이트	테프론	B ₄ C
섬유-글래스(fiberglass)	키놀(Kynol)	섬유 상태 비결정질 글래스 글래스-세라믹 결정질 안정질(옥스커) 옥스커 유사 (whisker-like)
E-글래스	일라(Mylar)	
코디에라이트 섬유	지르콘 섬유	
알루미나 티타네이트 섬유	니켈	
스트론튬 티타늄 루사이드	구리	
티타니아 섬유	황동	
티타니아 카바이드 섬유	스테인레스 스틸	
합성 알루미나실리케이트	니켈 코로늄	
복스텔 섬유	Ni ₃ Al	
선택된 섬유에 대한 특정 데이터		
상품명	제조사	조성(wt%)
섬유 FP(Fiber FP)	복스	>99% α-Al ₂ O ₃
PRD-166	복스	~80% α-Al ₂ O ₃ , ~20% ZrO ₂
넥스텔(Nexel) 312	3M	82% Al ₂ O ₃ , 24% SiO ₂ , 14% B ₂ O ₃
넥스텔 720	3M	85% Al ₂ O ₃ , 15% SiO ₂
넥스텔 550	3M	73% Al ₂ O ₃ , 27% SiO ₂
넥스텔 610	3M	0.2-0.3% SiO ₂ , 0.4-0.7% Fe ₂ O ₃ , >99% α-Al ₂ O ₃
알렉스(Almex)	미츠이 마이널	>99% α-Al ₂ O ₃
알렉스(Altex)	수미트코	85% α-Al ₂ O ₃ , 15% SiO ₂
사피콘(Sachikon)	사피콘	100% Al ₂ O ₃
니알론 NL 200		Si-C-O
Hi-니알론		Si-C
티라노 록스 M (Tyranno Lox M)		Si-C-O-Ti
실라믹(Sylramic)		SiC, TiB ₂
톤엔(Tonen)		Si-N-C
SCS-6		SiC
넥스텔 610		Al ₂ O ₃
넥스텔 720		Al ₂ O ₃ -SiO ₂
알렉스		Al ₂ O ₃
사피콘		Al ₂ O ₃ (안정질)
주: %: 중량% 넥스텔 312는 알루미나 82%, 실리카 24% 및 보리아 14%를 포함하고, 넥스텔 440은 알루미나 70%, 실리카 28% 및 보리아 2%를 포함하며, 넥스텔 550은 알루미나 73% 및 실리카 27%를 포함하고, 넥스텔 610은 알루미나 >99%이며, 넥스텔 720은 알루미나 85% 및 실리카 15%이다. AETB(Alumina-Enhanced Thermal Barrier)는 알루미나-실리카-보리아 복합체 및 알루미나, 실리카, 보리아 및/또는 알루미나보트실리케이트 조합을 포함한다.		

도면6b

표 2- 바인더 선택		
유기 바인더	무기 바인더	가소제
열가소성 수지	용해성 실리케이트	스티아릭 산
폴리에틸렌	용해성 알루미네이트	폴리에틸렌 글리콜
폴리프로필렌	용해성 포스페이이트	폴리프로필렌 글리콜
폴리부텐	폴 클레이	크로틸렌 글리콜
폴리스티렌	카올린	에틸렌 글리콜
폴리비닐아세테이트	벤토나이트	디에틸렌 글리콜
폴리아스티르	클로이알 실리카	트리에틸렌 글리콜
이소헥틱 폴리프로필렌	클로이알 알루미나	테트라에틸렌 글리콜
아romatic 폴리프로필렌	브로포스페이이트	디에틸 트말레이트
폴리우론		디부틸 트말레이트
폴리아세탈 폴리머	수용성 바인더	디에틸 트말레이트
폴리에틸 에라크릴레이트	하이드록시프로필 메틸 셀룰로즈	디옥틸 트말레이트
푸마린-인산 공중합체	하이드록시에틸 셀룰로즈	디알릴 트말레이트
에틸렌 비닐 아세테이트 공중합체	메틸 셀룰로즈	글리세롤
스티렌-부타디엔 공중합체	소듐 카르복시메틸 셀룰로즈	올레산
아크릴 고무	폴리비닐 알코올	부틸 스테아레이트
폴리비닐 부티랄	폴리비닐 피롤리돈	마이프로필렌 글리콜 왁스
이노머 수지	폴리에틸렌 옥사이드	파라핀 왁스
	폴리아크릴아미드	제핀 왁스
열경화성 수지	폴리에틸렌이민	카나우바 왁스
에폭시 수지	완전	일납
나일론	아가로스	에스테르 왁스
페놀 프렌일메이드	당밀	아채 오일
페놀 푸르푸랄	엑스트린	생선 오일
	녹말	실리콘 오일
왁스	리그노솔도네이트	수소화 동물 오일
파라핀 왁스	리그닌 리액	트리클로일 포스페이이트
왁스 에멀전	소듐 알지네이트	글리세롤 모노스테아레이트
마이프로 필링성 왁스	아라비아 검	오가노 실란
	코산향 염	금
기타	트래거한스 염	
셀룰로즈	카라아 염	
엑스트린	트커스트 염	
염소화 황화수소	이리우 모스	
영계트 알지네이트	스클레로글루쿠란	
녹말	아크릴	
젤라틴	알이은성 갈락토만난(galactomanan)	
리그닌		
고무		
아크릴		
옥솔		
카세인		
펄(pum)		
알부민		
탄백질		
글리콜		

도면6c

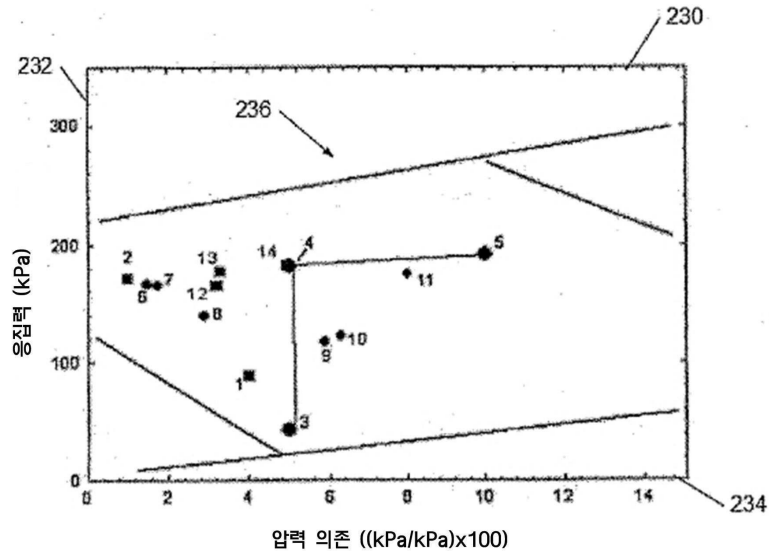
표 3- 기공 형성제 선택	
카본 블랙	열분해성 폴리머(pyrolyzable polymer)
활성탄	폴리(알킬 메타크릴레이트)
그래파이트 플레이크	폴리메틸 메타크릴레이트
합성 그래파이트	폴리에틸 메타크릴레이트
나무 가루(wood flour)	폴리 n-부틸 메타크릴레이트
화공 녹말	폴리에테르
녹말	폴리 테트라하이드로푸란
셀룰로즈	폴리(1, 3-디옥솔란)
코코넛 껍질 가루	폴리(알릴렌 옥사이드)
허스크	폴리에틸렌 옥사이드
리텍스 스피어	폴리프로필렌 옥사이드
버드 시드	메타크릴레이트 공중합체
등발	폴리아소부틸렌
	폴리트리메틸렌 카르보네이트
	폴리 에틸렌 옥살레이트
	폴리 베타-프로피올락톤
	폴리 델타-발레롤락톤
	폴리에틸렌 카르보네이트
	폴리프로필렌 카르보네이트
	비닐 톨루엔/알파-메틸 스티렌 공중합체
	스티렌/알파-메틸 스티렌 공중합체
	올레핀-설퍼 디옥사이드 공중합체

도면6d

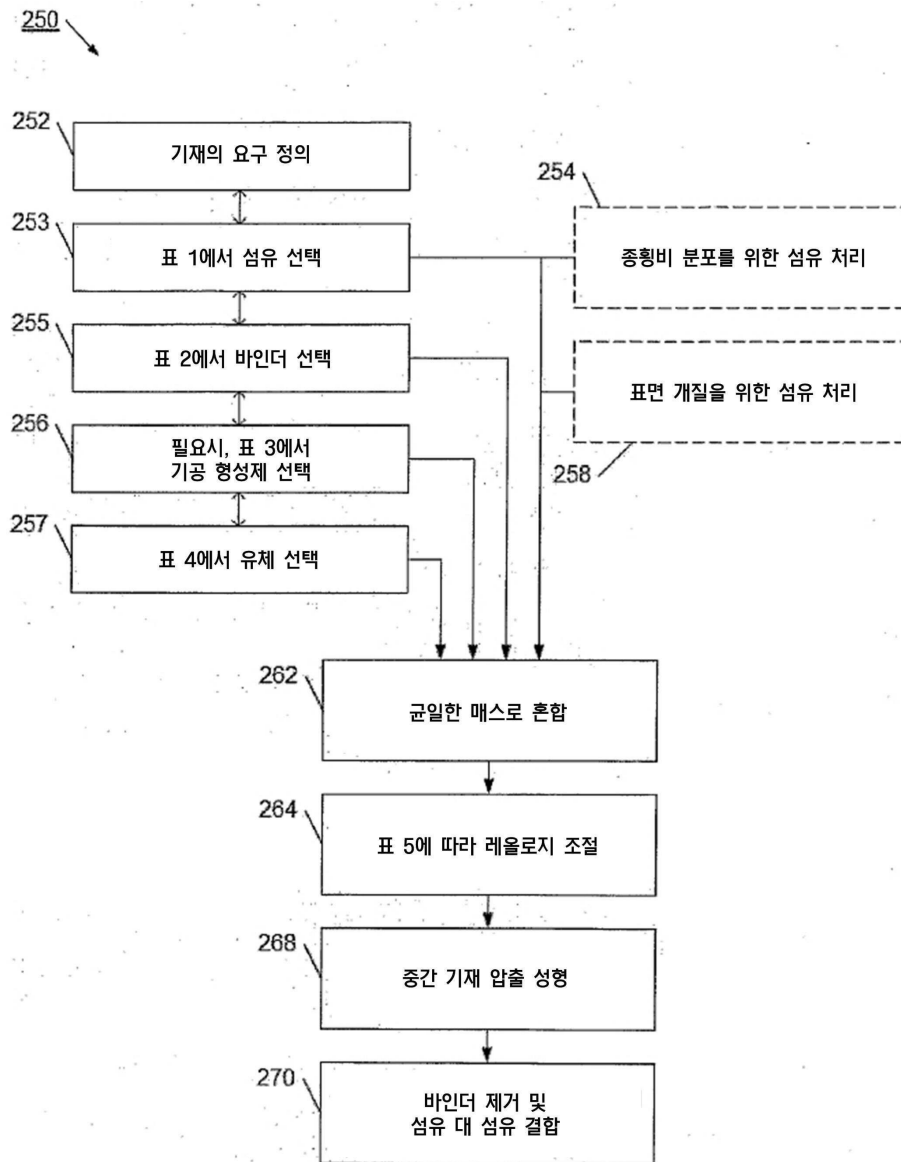
표 4- 유체 선택	
물	
용융된 바인더(표 2 참조)	
유기 용매	

도면6e

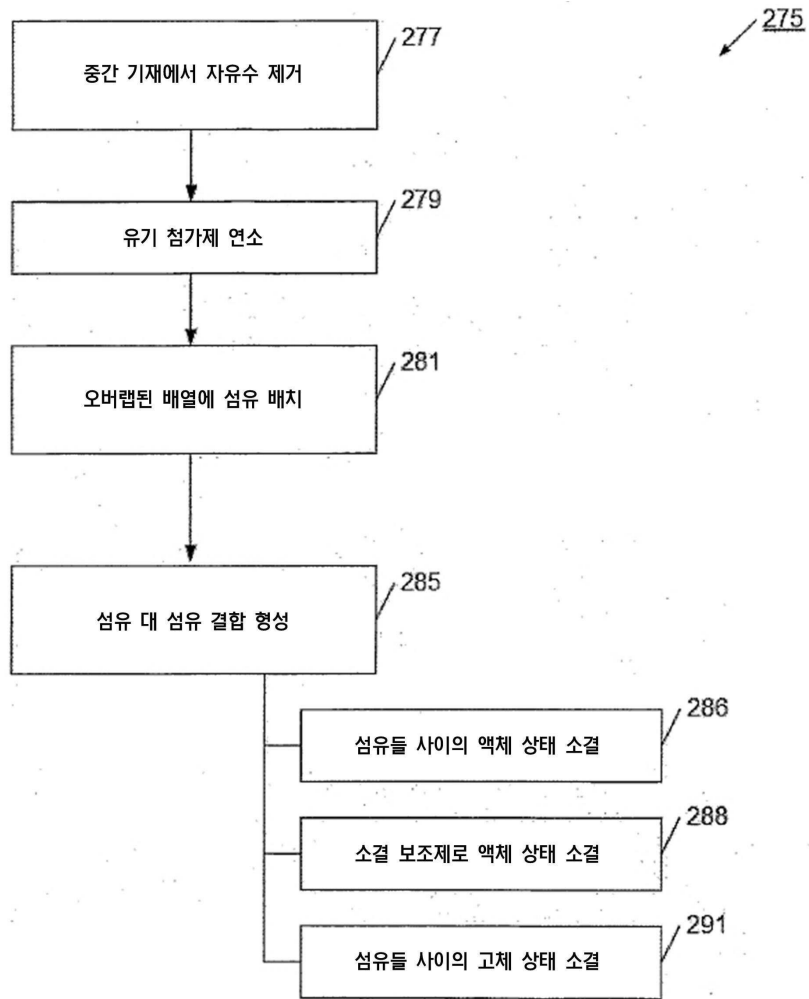
표 5- 레올로지 도표



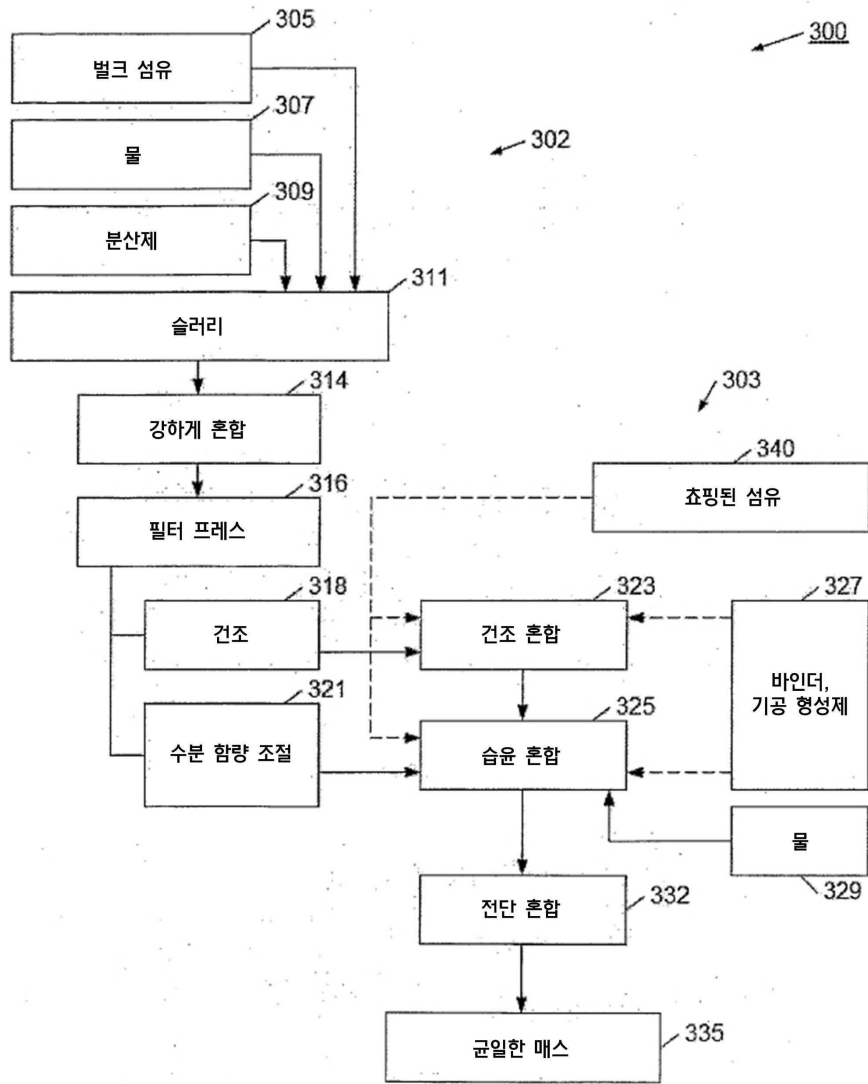
도면7



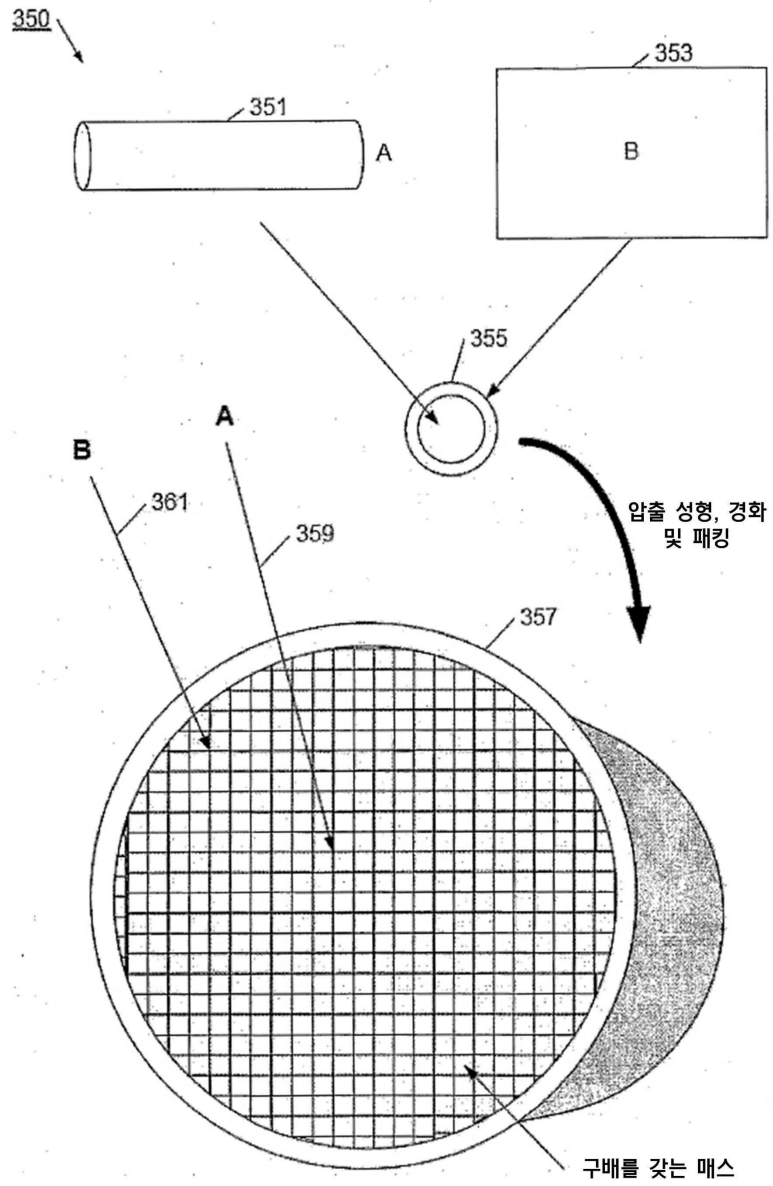
도면8



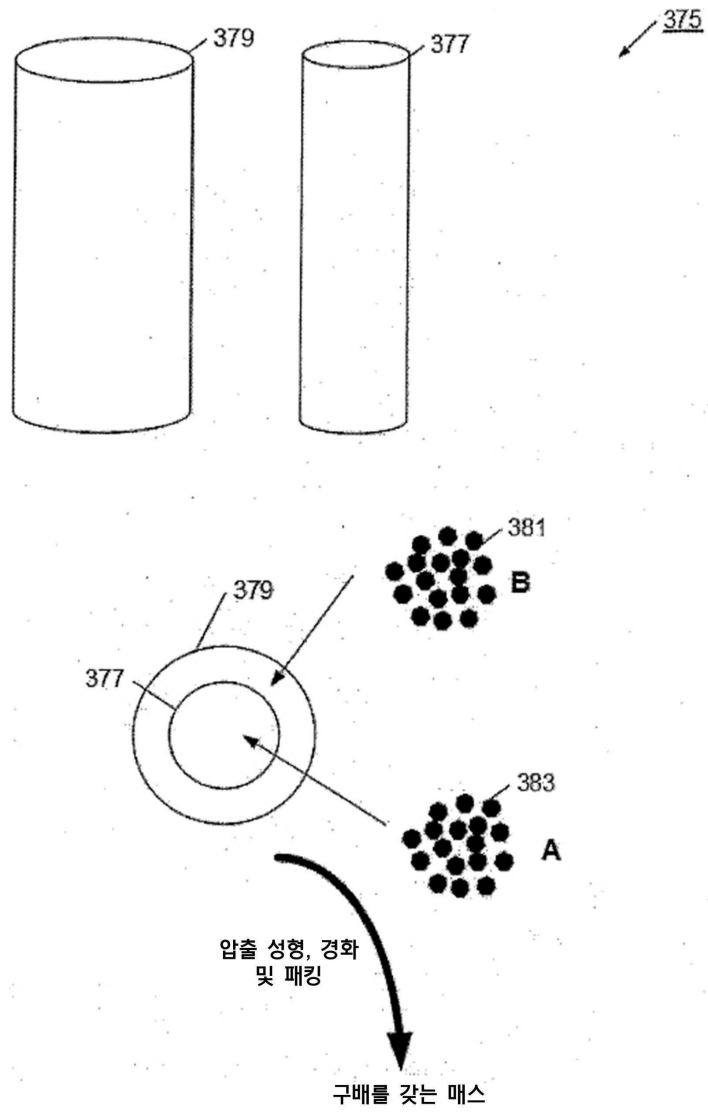
도면9



도면10



도면11



도면12

