



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0144214
 (43) 공개일자 2014년12월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08K 7/28 (2006.01) *C08J 9/04* (2006.01)
B29C 44/42 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7028607
- (22) 출원일자(국제) 2013년03월07일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년10월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/029636
- (87) 국제공개번호 WO 2013/138158
 국제공개일자 2013년09월19일
- (30) 우선권주장
 61/611,764 2012년03월16일 미국(US)
 61/671,188 2012년07월13일 미국(US)

- (71) 출원인
 쓰리엠 이노베이티브 프로페티즈 컴파니
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
 스 33427 쓰리엠 센터
- (72) 발명자
 구네스 이브라힘 세다트
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터
 얄신 바리스
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 양영준, 김영

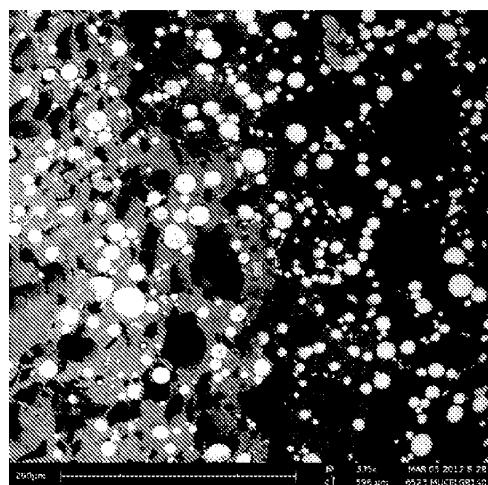
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 경량 물품, 복합 조성물, 및 이의 제조 방법

(57) 요 약

중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형 열가소성 수지를 포함하는 복합 재료, 그러한 재료로부터 성형된 물품, 및 그러한 재료의 제조 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1b



(72) 발명자

아모스 스테펜 이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

요르网投 오누르 시난

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

스톤 찰스 티

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

특허청구의 범위

청구항 1

중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형(microcellular) 열가소성 수지를 포함하는, 복합 재료.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1항의 마이크로셀형 열가소성 수지와 화학 조성이 동일하나 마이크로셀형이 아닌 열가소성 수지는 밀도 P를 갖고 복합 재료는 0.88P 미만의 밀도를 갖는, 복합 재료.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 유리 섬유를 추가로 포함하는, 복합 재료.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 마이크로셀형 열가소성 수지는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리아미드, 및 그 조합으로부터 선택되는, 복합 재료.

청구항 5

제4항에 있어서, 폴리프로필렌은 고강성(high stiffness) 폴리프로필렌인, 복합 재료.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 활석을 추가로 포함하는, 복합 재료.

청구항 7

중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형 열가소성 수지를 포함하는, 성형된 물품.

청구항 8

열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 혼합물을 포함하는 제1 예비-배합된 재료를 마이크로셀형 폼(foam) 사출 성형기에 공급하는 단계;

혼합물 내로 초임계 유체를 주입하고, 혼합물과 초임계 유체를 고압에서 블렌딩하여 블렌드를 형성하는 단계; 및

블렌드를 성형 도구(molding tool) 내로 주입하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료(molded in color pigment)로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계; 및

마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 11

열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 예비-배합된 혼합물 마스터배치를 포함하는 제1 재료와 제2 열가소성 재료를 건조 블렌딩하여 제1 블렌드를 생성하는 단계;

블렌드를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계;
고압에서 블렌드 내로 초임계 유체를 주입하여 제2 블렌드를 형성하는 단계; 및
제2 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,
CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계; 및
마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 14

열가소성 물질, 중공 미소구체, 및 CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 포함하는 건조 블렌드를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계;
마이크로셀형 사출 성형기 내에서 건조 블렌드와 제2 재료를 블렌딩하여 용융된 블렌드를 형성하는 단계; 및
블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 블렌드를 성형 도구 내로 주입하기 전에, 건조 블렌드에 표면 결합제(surface binding agent)를 첨가하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 건조 블렌드는 광유를 추가로 포함하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 경량 물품, 특히, 형상화된 열가소성 물품, 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

발명의 내용

[0002] 제1 태양에서, 본 발명은 중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형(microcellular) 열가소성 수지를 포함하는 복합 재료를 제공한다.

[0003] 제2 태양에서, 본 발명은 중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형 열가소성 수지를 포함하는 성형된 물품을 제공한다.

[0004] 추가의 태양에서, 본 발명은, 열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 혼합물을 포함하는 제1 예비-배합된 재료를 마이크로셀형 폼(foam) 사출 성형기에 공급하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다. 상기 방법은 혼합물 내로 초임계 유체를 주입하고, 혼합물과 초임계 유체를 고압에서 블렌딩하여 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함한다. 상기 방법은 블렌드를 성형 도구(molding tool) 내로 주입하는 단계를 추가로 포함한다.

[0005] 본 방법의 특정 실시 형태에서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료(molded in color pigment), 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 세라믹 미소구체, 중공 세라믹 미소구체, 유리 비드, 세라믹 섬유 및 나노입자로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함할 수 있다.

[0006] 선택된 미립자 충전제는 그의 순수(neat) 형태일 수 있거나, 또는 입자는 화학적으로 또는 물리적으로 표면 쳐

리될 수 있다.

[0007] 또한 추가의 특정 실시 형태에서, 본 방법은 CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계, 및 마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0008] 다른 태양에서, 본 발명은, 열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 예비-배합된 혼합물 마스터배치를 포함하는 제1 재료를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다. 본 방법은 혼합물 내로 초임계 유체를 주입하고, 혼합물과 초임계 유체를 고압에서 블렌딩하여 블렌드를 형성하는 단계, 및 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 추가로 포함한다.

[0009] 본 방법의 특정 실시 형태에서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료, 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 세라믹 미소구체, 중공 세라믹 미소구체, 유리 비드, 세라믹 섬유 및 나노입자로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함할 수 있다.

[0010] 또한 추가의 특정 실시 형태에서, 본 방법은 CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계, 및 마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0011] 다른 태양에서, 본 발명은, 열가소성 물질, 중공 미소구체, 광유, 및 초임계 상태의 CO₂ 또는 N₂를 포함하는 제2 재료를 포함하는 건조 블렌드를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다. 이러한 방법은, 마이크로셀형 사출 성형기 내에서 건조 블렌드와 제2 재료를 블렌딩하여 용융된 블렌드를 형성하는 단계 및 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 추가로 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0012] <도 1a>

도 1a는 뮤셀(MuCell) 공정을 사용하여 발포된 폴리프로필렌 재료의 SEM이다.

<도 1b>

도 1b는 뮤셀 공정을 사용하여 발포된 폴리프로필렌 재료(im30k 중공 유리 미소구체를 함유함)의 SEM이다.

도면은 일정한 비율로 그려지지 않을 수 있다. 도면 전체에 걸쳐, 유사한 부분을 나타내기 위해 유사한 도면부호가 사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 플라스틱 분야에서, 형상화된 물품의 밀도, 및 따라서 중량을 감소시키는 것이 계속 요구되고 있다. 그러나, 그러한 감소는 미적 특성, 치수적 특성 및 기계적 특성의 우수한 균형을 제공하여야만 하며, 그러한 플라스틱은 상대적으로 저가이고 제조하기에 효율적이어야 한다. 최근의 치솟는 원재료 가격, 및 차량 온실 가스 배기 형태의 운송 규제로 인해, 중합체, 특히 석유계 중합체의 양을 감소시키고 매력적인 경량 재료를 제조하기 위한 연구가 증대되어 왔다.

[0014] 중합체의 압출 또는 사출 성형 동안 초임계 상태의 가스를 제어되게 사용함으로써, 더 소량의 중합체 수지로, 발포된 따라서 경량인 부품을 생성하는 것이 입증되었다. 마이크로셀형 발포 공정은, 상당한 중량 감소 (예를 들어, 12% 초과의 중량 감소)를 성취하고자 하는 경우, 적합하고(compliant) 미적으로 만족스러운 부품을 생성하는 데 있어서 고유한 공정 최적화 문제 (수 회의 주형 반복(mold iteration))를 갖는다.

[0015] 본 발명자는 놀랍게도, 중공 유리 미소구체와 조합된 마이크로셀형 발포 공정을 사용하여, 우수한 기계적 특성 및 치수적 특성과 함께 중량 감소를 성취할 수 있음을 알아내었으며, 이를 본 명세서에서 제공한다. 실시예에서 알 수 있는 바와 같이, 모든 발포 기술이, 중공 유리 미소구체로 충전된 열가소성 수지에 적용될 때, 바람직 한 결과를 제공하는 것은 아니다. 놀랍게도, 본 발명자는, 중공 유리 미소구체와 조합된 마이크로셀형 발포 공정의 특정 조합이 기계적 특성 및 치수적 특성을 유지하면서 개선된 중량 감소를 제공함을 알아내었다. 본 발명자는, 중공 유리 미소구체를 포함하는 마이크로셀형 열가소성 수지 및 그로부터 제조되는 성형된 물품이 기계적 특성 및 치수적 특성을 유지하면서 개선된 중량 감소를 제공할 수 있음을 추가로 알아내었다.

[0016] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 그리고 문맥상 다른 것을 의미하지 않는다면, 하기 용어는 표시된 의미를 가

질 수 있다.

[0017] 용어 "마이크로셀형"은 전형적으로 기공 크기가 0.1 내지 100 마이크로미터임을 지칭한다.

[0018] 용어 "중공 미소구체"는 최대 치수가 1 밀리미터 미만인 중공 구형 입자를 지칭한다.

[0019] 용어 "초임계 유체"는 임계점을 초과하는 온도 및 압력에서의 임의의 물질을 지칭하는데, 이 경우 뚜렷이 구별되는 액체상 및 기체상이 존재하지 않는다. 초임계 유체는 고체를 투과할 수 있는 기체의 특성, 및 재료를 용해할 수 있는 액체의 특성을 가질 수 있다. 유용한 유체에는, 예를 들어, CO₂, N₂, 물 및 아르곤이 포함될 수 있다.

[0020] 용어 "중합체"는 10개 이상의 순차적인 단량체 단위를 갖는 거대분자 (또는 그러한 거대분자로 구성된 물질)를 지칭한다.

[0021] 용어 "열가소성 물질"은 용융 가공성 중합체를 지칭한다.

[0022] 용어 "열가소성 폴리올레핀"(TPO)은 3상 중합체/고무/충전제 블렌드를 지칭하는데, 일부 TPO 제형에서는 고무 및/또는 충전제가 생략될 수 있다.

[0023] 용어 "숏 크기"(shot size)는 사출 성형 스크루의 스크루 설정 위치(풀 배럴(full barrel)의 위치)와 제로 스크루 위치 사이의 거리를 지칭한다. 숏 크기는 각각의 부품을 위한 사출에 이용 가능한 중합체의 척도이다.

[0024] 본 발명은, 일 태양에서, 초임계 가스 발포 및 형상화 공정에서 중공 유리 미소구체를 혼입함으로써 전술한 문제를 해결할 수 있는 방법 및 재료에 관한 것이다.

[0025] 다른 태양에서, 본 발명은 경량이며 미적으로 그리고 치수적으로 안정한 물품을 제조하는 방법 및 조성물을 관한 것이다. 본 방법은, 열가소성 물질 (예를 들어, 열가소성 폴리올레핀)과 중공 유리 미소구체의 혼합물을 다른 미립자 충전제 (예를 들어, 활석, 유리 섬유, CaCO₃ 등)와 함께 또는 다른 미립자 충전제 없이 포함하는 제1 재료, 및 본질적으로, 초임계 유체 상태의 CO₂ 또는 N₂인 제2 재료를 개별적인 재료로서 제공하는 단계; 재료를 블렌딩하기 위해 재료가 승온인 동안 제1 재료 및 제2 재료에 전단력 및 고압을 가하여 용융된 블렌드를 형성하는 단계; 제3 재료를 주입하고 용융된 블렌드를 가압하는 단계; 용융된 블렌드를 배출시키는 단계 - 이 시점에 초임계 유체는 중공 유리 미소구체의 존재 하에 그의 기체 형태로 팽창함 - 를 포함할 수 있다.

[0026] 일부 실시 형태에서, 상기에 언급된 방법 및 조성물을 사용하여 형성되는 물품은 0.1 내지 200 마이크로미터, 바람직하게는 0.1 내지 100 마이크로미터, 및 더욱 바람직하게는 0.1 내지 30 마이크로미터 범위의, 팽창하는 초임계 유체에 의해 생성되는 기공 크기를 나타낸다.

[0027] 초임계 유체를 함유하는 용융된 블렌드를 형상화하는 것은, 형상화된 물품을 제조하는 다수의 기술 중 어느 하나 또는 조합을 사용하여 수행될 수 있다. 일반적으로, 이 공정은 중합체 내로의 초임계 유체의 계량 공급 (metering), 전달 및 혼합이 가능하도록 변경된 성형기에서 수행된다.

[0028] 성형되는 부품에 마이크로셀형 구조를 부여하기 위해서, 마이크로셀형 발포 공정은, 중합체와 초임계 유체의 단일상 용액이 주입 탕구(gate)를 통과하여 주형 공동(cavity)으로 들어갈 때 일어나는 균질 셀 핵형성 (homogeneous cell nucleation)에 의존한다. 용융된 중합체에 대한 초임계 유체의 첨가는 용액을 가압하며, 용액이 주형으로 들어갈 때의 압력 강하에 의해 초임계 유체가 셀 핵을 생성할 수 있게 된다. 이어서, 재료가 주형을 채우거나, 초임계 유체의 팽창 능력이 소진되거나, 또는 유동 선단(flow front)이 동결될 때까지 셀이 성장한다.

[0029] 본 발명에 따른 열가소성 재료는 제형 중의 한 성분으로서 적어도 중공 유리 미소구체를 함유한다. 더 상세하게는, 열가소성 재료는 폴리올레핀, 폴리아미드계 엔지니어링 열가소성 물질, 또는 고온 엔지니어링 중합체, 예를 들어, PBT, 폴리케톤, 예를 들어 이로 한정되지는 않는 PEEK 및 PEK, 폴리설퐧, 예를 들어 이로 한정되지는 않는 PSS, PEI, PAI, 플루오로중합체, 예를 들어 이로 한정되지는 않는 PVDF로부터 선택될 수 있다. 본 발명에 따른 열가소성 재료는, 바람직한 경우, 열가소성 수지들의 조합을 포함할 수 있다.

[0030] 제1 재료에 사용되는 열가소성 수지는 중공 유리 미소구체 이외의 미립자 충전제를 함유할 수 있다. 열가소성 폴리올레핀은, 예를 들어, 수지 제조자 및 가공업체에 의해 일반적으로 사용되는 3상 열가소성 중합체-고무-충전제 블렌드를 지칭할 수 있다. 열가소성 중합체 상은 PP (폴리프로필렌), 공중합체 PP 또는 일부 경우에 PE (폴리에틸렌)에 기반할 수 있다. 열가소성 중합체는, 낮은 가격, 가공 용이성 및 수지 화학 및/또는 첨가제에

의해 조정될 수 있는 광범위한 특성으로 인해, 전형적으로 매트릭스 상으로서 선택된다.

[0031] 이러한 제형 내의 일반적인 고무에는 부타다이엔, EPR (에틸렌 프로필렌 고무), EPDM (EP-다이엔 고무), EO (에틸렌-옥텐), EB (에틸렌-부타다이엔), SEBS (스티렌-에틸렌-부타다이엔-스티렌)이 포함된다. 일부 실시 형태에서, 3성분 제형 내의 고무는, 특히 저온에서, 전형적으로는 낮은, 열가소성 물질 (예를 들어, 폴리프로필렌) 상의 충격 특성을 개선할 수 있다.

[0032] 그러한 제형 내의 충전제에는, 활석, 유리 섬유, 탄소 섬유, 규화석, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료, 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 세라믹 미소구체, 중공 세라믹 미소구체, 유리 비드, 세라믹 섬유, 및 나노입자, 및 MOS 위스커 섬유(whisker fiber) (밀리肯(Milliken)으로부터의 마그네슘 옥시 셀레이트)가 포함되지만 이로 제한되지 않는다. 정화제(clarifier) 또는 핵형성제(nucleator), 윤활제, 슬립제(slip agent), 안정제, 산 중화제, 정전기방지제(anti-stat), UV 안정제, 열안정제, 및 임의의 그 조합과 같은 유형의 적합한 첨가제를 본 명세서에 기재된 조성물 및 물품에 포함시키는 것이 가능한 것으로 또한 본 발명에서 고려된다.

[0033] 바람직하게는 본 발명의 방법에 이용되는 바와 같이, 제1 재료는, 오직 중공 유리 미소구체 및 열가소성 수지만을 함유하는 "농축물"을 지칭하는, 예비-배합된 중합체 마스터배치인 한편, 다른 미립자 충전제 (예를 들어, 활석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 탄소 섬유, 규화석, 및 MOS 위스커 섬유 (마그네슘 옥시 셀레이트))는, 이용되는 경우, 바람직하게는 제1 재료의 동일 열가소성 물질의 제2 재료에 포함된다. 그러나, 본 발명은 중공 유리 미소구체 이외의 충전제가 실질적으로 없는 재료와 관련된 방법, 조성 및 물품을 또한 고려한다.

[0034] 추가의 재료가 본 명세서에 개시된 바와 같은 공정 동안 첨가될 수 있다. 이러한 재료는 본질적으로 CO₂ 또는 N₂를 그의 초임계 유체 상태로 포함할 수 있다. 용융된 중합체 중에 초임계 유체가 완전히 용해되고 균일하게 분산된 단일상 용액의 생성은, 일부 실시 형태에서, 주의 깊게 제어된 공정 조건 하에 주입 배럴 내에서 일어난다.

[0035] 초임계 유체는 고정된 양의 시간 동안 중합체 내로 질량 유량 계량 공급(mass flow metered)될 수 있다. 그러한 투입 기간 동안, 온도, 압력 및 전단의 적절한 조건이 배럴 내에 확립된다. 배압(back pressure), 스크루 속도, 및 배럴 온도 제어뿐만 아니라 혼합 스크루 및 초임계 유체 주입기의 기하학적 형태 모두가, 단일상 용액을 생성하는 공정 조건을 확립하는 데 역할을 한다.

[0036] 그러한 마이크로셀형 열가소성 수지를 제조하는 장치는, 예를 들어, 실시예 섹션에 추가로 기재된 바와 같은, 뮤셀(등록상표)이 가능한 엔겔(Engel) 사출 성형기일 수 있다.

[0037] 본 명세서에 기재된 마이크로셀형 성형 공정은 질소 또는 이산화탄소 중 어느 하나를 발포제로서 사용한다. 각각은 응용 목적에 따라 이점을 갖는다. 두 발포제의 유효성의 차이는 중합체 용융물에서의 그들의 거동으로부터 기인한다.

[0038] 31.1°C 및 72.2 바(bar)에서 초임계 유체로 되는 이산화탄소는, -147°C 및 34 바에서 초임계 유체로 되는 질소보다, 중합체 중에 4 내지 5배 더 용해성이다. 예를 들어, 충전되지 않은 중합체에서 질소의 포화점은, 온도 및 압력 조건에 따라, 약 1.5 내지 2 중량%인 반면, 이산화탄소의 포화점은 8 중량%에 더 가깝다.

[0039] 이론에 의해 구애됨이 없이, 이산화탄소의 가소화 특성은 이러한 고압 사출 성형 공정에서 중공 미소구체 완전성(integrity)을 보존하는 데 도움을 줄 것이다.

[0040] 인지되는 바와 같이, 본 명세서에서 "제1", "제2", 및 "제3"과 같은 재료의 한정은 편의를 위한 것이다. 명시되지 않는다면, 그러한 용어의 사용은 다른 재료를 배제하는 것으로 해석되어서는 안 되며 가공 단계들의 임의의 특정 순서를 의미하거나 시사하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0041] 본 명세서에서 논의되는 제1, 제2, 및 제3 재료에 더하여, 하나 이상의 충전제, 강화제, 광안정제, 착색제, 난연제, 열안정제, 핵형성제 등을 포함하지만 이로 한정되지 않는 다른 성분이 이용될 수 있다. 제1 재료 및 제2 재료 두 가지가, 예를 들어, 하나 이상의 적합한 용기 내에, 키트로서 함께 공급될 수 있는 것으로 고려된다. 그러므로, 그러한 키트뿐만 아니라 그의 개별적인 성분 재료가 본 발명의 범주 내에 속한다.

[0042] 본 발명에 따른 물품은 경량 중합체 재료를 필요로 하는 다수의 응용에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 그러한 물품은 운송 차량에 (예를 들어, 범퍼, 그릴, 사이드 클래딩(side cladding), 로커 패널(rocker panel), 웬더(fender), 테일-게이트(tail-gate)로서, 와이어 및 케이블 응용에, 계기판(instrument panel), 콘솔(console), 내부 트림(interior trim), 도어 패널, 히터 하우징, 배터리 지지체, 헤드라이트 하우징, 프론트 엔드(front

end), 통풍기 휠(ventilator wheel), 저장기(reservoir), 및 소프트 패드(soft pad)로서 사용될 수 있다. 물품은 형상화될 수 있다. 물품은 또한 조립체의 일부일 수 있다.

[0043] 예를 들어, 본 명세서의 교시에 따라 제조된 형상화된 물품을, 예를 들어, 용접, 접착제 접합, 고정구, 또는 임의의 그 조합에 의해, 다른 구조체에 라미네이팅하는 것이 가능하다. 물품은 오버몰딩되거나(overmolded) 동시에 사출 성형된(co-injection molded) 조립체의 일부일 수 있다는 것이 또한 가능하다.

[0044] 물품은 그의 특성을 개선하기 위해서 또한 2차 작업에서 처리될 수 있다. 예로서, 제한 없이, 물품은 코팅되거나 또는 달리 표면 처리될 수 있다. 예를 들어, 일 실시 형태에서, 본체의 표면은, 다른 본체에 부착 전에, 선택적으로 예비 처리될 수 있다. 이러한 선택적인 처리는 세정 및 탈지(degreasing), 플라즈마 코팅, 코로나 방전 처리 및 다른 표면 처리제에 의한 코팅, 결합제에 의한 코팅, 또는 임의의 그 조합을 포함할 수 있다.

[0045] 이론에 의해 구애되고자 함이 없이, 이러한 놀라운 결과는 중공 유리 미소구체의 존재 하에서의 효율적인 가스 셀 핵형성 효과로 인한 것으로 여겨진다. 중공 미소구체의 존재 하에서는, 중공 유리 미소구체와 개선된 초임계 가스 팽창 공정의 상승 효과로 인해 수지의 밀도에 따라 12%, 25% 또는 가능하게는 심지어 그 초과의 상당한 밀도 감소가 성취될 수 있으며, 단지 중공 미소구체만을, 또는 초임계 가스 팽창 공정만을 사용해서는 이러한 결과를 성취할 수 없다 (표 6의 2, 3행과 3 내지 8행 비교).

[0046] 도 1a는 중공 유리 미소구체가 첨가되지 않은 마이크로셀형 폴리프로필렌의 SEM 이미지이다. 도 1b는 유사한 마이크로셀형 폴리프로필렌이지만 중공 유리 미소구체가 첨가된 것이다. 도 1b의 이미지로부터 알 수 있는 바와 같이, 중공 유리 미소구체는 마이크로셀형 폴리프로필렌에 존재하는 공극보다, 평균적으로, 더 크다.

[0047] 본 발명은 하기 구체적인 실시 형태를 포함하는 것으로 또한 이해될 수 있다:

[0048] 실시 형태 1. 중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형 열가소성 수지를 포함하는, 복합 재료.

[0049] 실시 형태 2. 실시 형태 1에 있어서, 제1항의 마이크로셀형 열가소성 수지와 화학 조성이 동일하나 마이크로셀 형이 아닌 열가소성 수지는 밀도 P를 갖고 복합 재료는 0.88P 미만의 밀도를 갖는, 복합 재료.

[0050] 실시 형태 3. 실시 형태 1 또는 실시 형태 2에 있어서, 유리 섬유를 추가로 포함하는, 복합 재료.

[0051] 실시 형태 4. 실시 형태 1 내지 실시 형태 3 중 어느 하나에 있어서, 마이크로셀형 열가소성 수지는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리아미드, 및 그 조합으로부터 선택되는, 복합 재료.

[0052] 실시 형태 5. 실시 형태 4에 있어서, 폴리프로필렌은 고강성(high stiffness) 폴리프로필렌인, 복합 재료.

[0053] 실시 형태 6. 실시 형태 1 내지 실시 형태 5 중 어느 하나에 있어서, 활석을 추가로 포함하는, 복합 재료.

[0054] 실시 형태 7. 중공 유리 미소구체 및 마이크로셀형 열가소성 수지를 포함하는, 성형된 물품.

[0055] 실시 형태 8.

[0056] 열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 혼합물을 포함하는 제1 예비-배합된 재료를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계;

[0057] 혼합물 내로 초임계 유체를 주입하고, 혼합물과 초임계 유체를 고압에서 블렌딩하여 블렌드를 형성하는 단계; 및

[0058] 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 포함하는, 방법.

[0059] 실시 형태 9. 실시 형태 8에 있어서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함하는, 방법.

[0060] 실시 형태 10. 실시 형태 8 또는 실시 형태 9에 있어서,

[0061] CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계; 및

[0062] 마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

[0063] 실시 형태 11.

[0064] 열가소성 물질과 중공 유리 미소구체의 예비-배합된 혼합물 마스터배치를 포함하는 제1 재료와 제2 열가소성 재

료를 건조 블렌딩하여 제1 블렌드를 생성하는 단계;

[0065] 블렌드를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계;

[0066] 고압에서 블렌드 내로 초임계 유체를 주입하여 제2 블렌드를 형성하는 단계; 및

[0067] 제2 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 포함하는, 방법.

[0068] 실시 형태 12. 실시 형태 11에 있어서, 혼합물은 활석, 규화석, 유리 섬유, 탄산칼슘, 카본 블랙, 몰드-인 컬러 안료로 이루어진 군으로부터 선택되는 미립자 충전제를 추가로 포함하는, 방법.

[0069] 실시 형태 13. 실시 형태 11 또는 실시 형태 12에 있어서,

[0070] CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 사출 성형기 내의 혼합물에 공급하는 단계; 및

[0071] 마이크로셀형 폼 사출 성형기 내에서 혼합물과 초임계 유체를 블렌딩하여 균일한 블렌드를 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

[0072] 실시 형태 14.

[0073] 열가소성 물질, 중공 미소구체, 및 CO₂ 및 N₂로 이루어진 군으로부터 선택되는 초임계 유체를 포함하는 건조 블렌드를 마이크로셀형 폼 사출 성형기에 공급하는 단계;

[0074] 마이크로셀형 사출 성형기 내에서 건조 블렌드와 제2 재료를 블렌딩하여 용융된 블렌드를 형성하는 단계; 및

[0075] 블렌드를 성형 도구 내로 주입하는 단계를 포함하는, 방법.

[0076] 실시 형태 15. 실시 형태 14에 있어서, 블렌드를 성형 도구 내로 주입하기 전에, 건조 블렌드에 표면 결합제 (surface binding agent)를 첨가하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

[0077] 실시 형태 16. 실시 형태 14에 있어서, 건조 블렌드는 광유를 추가로 포함하는, 방법.

[0078] 실시예

[0079] 재료

표 1

표기명 (designator)	화학 구조 및/또는 명칭	구입처 (Availability)
PP	상표명 "프로-팩스"(Pro-fax) 6523으로 구매 가능함. 폴리프로필렌 단일중합체. 용융 유량(Melt flow rate) 4.00 g/10 min (230°C/2.16 kg)	미국 텍사스 휴스턴 소재의 리온델바셀(LyondellBasell)
PP-HS	상표명이 "에드스티프(ADSTIF) HA840R"인, 용융 유동 지수(melt flow index)가 20 g/10 min (230°C에서 2.16 kg의 하중 하에 측정됨)이고 높은 강성을 갖는 폴리프로필렌 단일중합체.	독일 소재의 울트라폴리머스 도이치란트 게엠베하(Ultrapolymers Deutschland GmbH)
PP-TRC	호스타콤(Hostacom) TRC 787N E 고 용융 유동, 1,850 MPa 굽곡 탄성률, 활석-충진률(20 중량%) 열가소성 폴리올레핀(TPO)	독일 소재의 리온델바셀 인더스트리즈(LyondellBasell Industries)
PP-무 활석	활석을 함유하지 않는, 호스타콤 787N E 열가소성 폴리올레핀(TPO)	독일 소재의 리온델바셀 인더스트리즈
Z-101	듀Pont(Dupont) 자이텔(Zytel)(등록상표), 사출 성형을 위한 범용 폴리아이드 66 수지	미국 델라웨어주 월밍턴 소재의 듀Pont(DuPont)
iM30K	28,000 psi의 파쇄 강도(crush strength), 17 마이크로미터의 평균 직경 및 0.60 g/cc의 순밀도를 갖는 3M™ iM30K 고강도(Hi-Strength) 유리 비늘.	미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)
iM16K	16,500 psi의 파쇄 강도, 20 마이크로미터의 평균 직경 및 0.460 g/cc의 순밀도를 갖는 3M™ iM16K 고강도 유리 비늘.	미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니
GF-3299	찹밴티지(ChopVantage)(등록상표) HP 3299 유리 섬유	미국 펜실베이니아주 체스워크 소재의 피파지 인더스트리즈 파이버 글래스 아메리카스(PPG Industries Fiber Glass Americas)
GF-3540	찹밴티지(등록상표) HP 3540 유리 섬유	미국 펜실베이니아주 체스워크 소재의 피파지 인더스트리즈 파이버 글래스 아메리카스
활석	제트파인(Jetfine)(등록상표) 3CC	아이머리스 피에프엠/활석(Imerys PFM/Talc)
PP-MAPP	말레산무수물 그레이팅된 PP (MAPP) 단일중합체 (폴리본드(Polybond)(등록상표) 3200)	켐투라(Chemtura)

[0080]

실시예 제조

[0081] 7개의 배럴 온도 구역 및 다이 구역을 갖는, L/D 28:1인, 동방향 회전 치합형 24MM 이축 압출기 (프리즘(PRISM) TSE-24 MC, 서모 일렉트론 코포레이션(Thermo Electron Corporation)으로부터 입수 가능함)에서 실시예들을 배합하였다. 실시예들은 표 2에서 확인되는 재료를 함유하였다.

표 2

재료*	PP	PP-HS	PP-TRC	PP-부 활석	Z-101	iM30K	iM16K	GF-3299	GF-3540	활석	PP MAPP
1A	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B	80	-	-	-	-	20	-	-	-	-	
1C	76	-	-	-	-	20	-	-	-	-	4
2A	-	78	-	-	-	-	-	22	-	-	
2B	-	74	-	-	-	4	-	22	-	-	
2C	-	69	-	-	-	9	-	22	-	-	
3A	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
3B	-	-	47.5	47	-	5.5	-	-	-	-	
3C	-	-	73	-	-	17	-	-	-	-	
4A	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	
4B	-	-	-	-	90	-	-	-	10	-	
4C	-	-	-	-	84	6	-	-	10	-	
4D	-	-	-	-	85.3	-	4.7	-	10	-	
4E	-	-	-	-	80	-	10	-	10	-	
5A	80	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
5B	86	-	-	-	-	-	4	-	-	10	-

* 표 2에서의 양은 중량%로 주어진다.

[0083]

[0084] 실시예 1에서, 압출기는 사이드 스타퍼(side stuffer), 수조(water bath), 및 펠릿화기(pelletizer) 시스템을 구비하였다. 압출기의 7개의 이용가능한 가열 구역 중 구역 4에서 하류로 사이드 스타퍼를 사용하여 iM30K를 도입하였다. 구역 1은 PP 수지 공급 영역이었으며 물로 냉각시켰다. 구역 2 내지 구역 7에서의 온도는 각각 190°C, 220°C, 220°C, 220°C, 220°C로 설정하였다. 다이 온도는 220°C로 설정하였다. 스크루 회전 속도는 300 rpm으로 설정하였다. 주 공급기 및 사이드 스타퍼 공급기 둘 모두는 용적식 공급기였으며 PP 중 20 중량% iM30K를 생성하도록 보정하였다. 압출물을 수조에서 냉각하고 펠릿화하였다. 이축 압출기 처리량은 약 6 파운드/시간(1b/hr)이었다. PP-MAPP를 사용한 경우, 압출기 내로 공급하기 전에 PP 수지와 견조 블렌딩하였다.

[0085]

실시예 2에서, 압출기는 수지 공급기, 사이드 스타퍼, 상부 공급기, 수조 및 펠릿화기 시스템을 구비하였다. 중합체 수지를 용적식 펠릿 공급기를 통해 구역 1에서 과소-공급(starve-feed)하고 일 세트의 니딩 블록(kneading block)에 통과시켜 그의 완전한 용융을 보장한 후에, 유리 베블을 구역 4에서 도입하였다. 서플라이 공급기(supply feeder)를 통해 GB를 사이드 공급기 내로 과소-공급하였다. 구역 6에서 유리 섬유를 도입하였다. 고-채널 깊이 이송 요소(High channel depth conveying element) (D0/Di: 1.75)를 GB 공급 구역 4 뿐만 아니라 후속 구역들에서 사용하였다. 구역 7에서 더욱 하류로, 짧은 일 세트의 분배 요소를 사용하였다. 온도 프로파일 및 스크루 속도는 모든 재료에 대해 동일하였다. 구역 1은 수냉시켰고 구역 2 내지 구역 7에서의 온도는 각각 195°C, 220°C, 220°C, 220°C, 220°C 및 220°C로 설정하였다. 스크루 속도는 300 rpm이었다.

[0086]

실시예 3에서, 압출기는 수지 공급기, 사이드 스타퍼, 상부 공급기, 수조 및 펠릿화기 시스템을 구비하였다. 중합체 수지 (입수된 그대로의 PP-TRC, 또는 PP-TRC와 PP-저 활석의 견조 블랜드)를 용적식 펠릿 공급기를 통해 구역 1에서 과소-공급하고 일 세트의 니딩 블록에 통과시켜 그의 완전한 용융을 보장한 후에, 유리 베블을 구역 4에서 도입하였다. 서플라이 공급기를 통해 GB를 사이드 공급기 내로 과소-공급하였다. 고-채널 깊이 이송 요소 (D0/Di: 1.75)를 GB 공급 구역 4 뿐만 아니라 후속 구역들에서 사용하였다. 온도 프로파일 및 스크루 속도는 모든 재료에 대해 동일하였다. 구역 1은 수냉시켰고 구역 2 내지 구역 7에서의 온도는 각각 240°C, 240°C, 240°C, 230°C, 230°C 및 230°C로 설정하였다. 스크루 속도는 250 rpm이었다.

[0087]

실시예 4에서, 압출기는 수지 공급기, 사이드 스타퍼, 상부 공급기, 수조 및 펠릿화기 시스템을 구비하였다. Z-101을 용적식 펠릿 공급기를 통해 구역 1에서 과소-공급하고 일 세트의 니딩 블록에 통과시켜 그의 완전한 용융을 보장한 후에, 2개의 개별적인 용적식 공급기를 통해 유리 베블 및 유리 섬유를 구역 4에서 사이드 공급기 내로 동시에 도입하였다. 고-채널 깊이 이송 요소 (D0/Di: 1.75)를 구역 4 뿐만 아니라 후속 구역들에서 사용

하였다. 온도 프로파일 및 스크루 속도는 모든 재료에 대해 동일하였다. 구역 1은 수냉시켰고 구역 2 내지 구역 7에서의 온도는 각각 270°C, 275°C, 280°C, 280°C, 280°C, 280°C 및 280°C로 설정하였다. 스크루 속도는 250 rpm이었다.

[0088] 실시예 5에서, 압출기는 수지 공급기, 사이드 스터퍼, 상부 공급기, 수조 및 펠릿화기 시스템을 구비하였다. PP를 용적식 펠릿 공급기를 통해 구역 1에서 과소-공급하고 일 세트의 니딩 블록에 통과시켜 그의 완전한 용융을 보장한 후에, 용적식 공급기를 통해 유리 베블을 구역 4에서 사이드 공급기 내로 도입하였다. 구역 1에서 용적식 공급기를 통해 활석을 또한 공급하였다. 고-채널 깊이 이송 요소 (D0/Di: 1.75)를 구역 4 뿐만 아니라 후속 구역들에서 사용하였다. 온도 프로파일 및 스크루 속도는 모든 재료에 대해 동일하였다. 구역 1은 PP 수지 공급 영역이었으며 물로 냉각시켰다. 구역 2 내지 구역 7에서의 온도는 각각 190°C, 220°C, 220°C, 220°C, 220°C로 설정하였다. 다이 온도는 220°C로 설정하였다. 스크루 회전 속도는 300 rpm으로 설정하였다.

마이크로셀형 사출 성형

[0089] 표 3에 나타낸 사양을 갖는, 뮤셀(등록상표) 가능한 엔겔 사출 성형기에서 주형을 사용하여 시험 시편을 성형하여 (ASTM D638-10: 플라스틱의 인장 특성에 대한 표준 시험 방법(Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics)에 기재된 바와 같은) ASTM 타입 I 인장 시험 시편을 얻었다.

표 3

사출 성형기	
모델 번호	ES200/100TL
워런 번호-분-연도	70703/100/01
제조 일자	01/2001
제조사	캐나다 온타리오 구엘포 소재의 엔겔 캐나다, 인크.(Engel Canada, Inc.)
SCF 시스템 모델 번호	TR 3.5000G
SCF 시스템 워런 번호	00.41

[0091]

[0092] 하기에 상세하게 기재된 바와 같은 조성에 따라 달라지는 솟 크기를 제외하고는, 특정 실시예에서의 모든 샘플에 대해 표 4에 나타낸 사출 성형 파라미터를 일관되게 유지하였다. 솟 크기를 사용하여 주형 공동에서의 발포를 조정하였다. 완전한 샘플이 성형될 수 없는 정도까지 솟 크기를 감소시켰다. %SCF는 전체 부품 중량에 대한 퍼센트로서 정의한다. 이는 하기 식을 사용하여 계산한다.

$$\%SCF = (\text{SCF 투입 시간}) \times 12.6 \times (\text{SCF 유량}) / (\text{숏 중량 (그램 단위)})$$

표 4

사출 성형 공정 파라미터						
	실시예 1A, 1B, 1C	실시예 1D	실시예 2A, 2B, 2C	실시예 3A, 3B, 3C	실시예 4A, 4B, 4C, 4D, 4E	실시예 5A, 5B
스크루 rpm	30 /min	75	30 /min	30 /min	110 /min	30 /min
용융물 압력	13.8 MPa	12.1 MPa	13.8 MPa	13.8 MPa	11 MPa	13.8 MPa
냉각 시간	50초	25초	50초	50초	20초	50초
노즐 1 온도	240 °C	240 °C	205 °C	240 °C	307 °C	240 °C
노즐 2 온도	221 °C	221 °C	205 °C	221 °C	282 °C	221 °C
배럴 3 온도	221 °C	221 °C	205 °C	221 °C	282 °C	221 °C
배럴 4 온도	210 °C	210 °C	196 °C	196 °C	285 °C	196 °C
배럴 5 온도	200 °C	200 °C	187 °C	187 °C	282 °C	187 °C
SCF 투입	CO ₂	N ₂	CO ₂	CO ₂	N ₂	CO ₂

[0094]

시험 방법

밀도

[0096]

사출 성형 부품의 기지의 중량을 시편의 부피로 나누어서 사출 성형 부품의 밀도를 측정하였다. 리온엘바젤로부터의 충전되지 않은 단일종합체 폴리프로필렌 "프로팩스" 6523의 기지의 성형된 중량, 및 치환 매질(displacement medium)로서 헬륨 가스를 사용하여 10 cc 컵에서 마이크로메리티кс 아큐피크(Micromeritics AccuPyc) 1330 가스 비중병(Gas Pycnometer)에 의해 측정되는 바와 같은, 그의 기지의 밀도(0.9 g/cc)로부터 시편의 부피를 결정하였다.

[0097]

표 5에 열거된 ASTM 표준 시험 방법 및 ASTM D790의 수정 버전(modified version)을 사용하여, 사출 성형된 복합재의 기계적 특성을 측정하였다.

표 5

시험	표기명	ASTM 번호
인장 탄성률 (MPa)	TM	D-638
인장 강도 (MPa)	TS	D-638
파단신율 (%)	EL	D-638
노치 아이조드 충격 (Notched Izod Impact) (J/m)	NI	D-256
굽곡 탄성률 (MPa)	FM	D-790*
굽곡 강도 (MPa)	FS	D790*

* ASTM D-790 3점 굽힘 시험의 수정 버전을 사용하여 FM 및 FS를 측정하였으며, 수정은 사용된 시험 시편이 ASTM D-638에서 전형적으로 사용되는 ASTM 타입 I 시험 시편이었다는 점이다.

[0098]

표 6은 마이크로셀형 종합체에서 달성되는 밀도 및 기계적 특성에 대한 중공 유리 미소구체 및 유리 섬유의 영향을 나타낸다.

표 6

설비 예	크기 (mm (인치))	SCF % (타입)	발포	NI (J/m)	TM (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	FM (MPa)	FS (MPa)	밀도 (g/cc)
1A	51 (2.0)	0	없음	43	1170	29.5	NoB	1413	41	0.90
1A	47 (1.85)	5.07 (CO ₂)	있음	41	1014	24.1	15	1255	41	0.80
1B	51 (2.0)	0 (CO ₂)	없음	20	1510	17.2	40	1572	34	0.84
1B	47 (1.85)	5.18 (CO ₂)	있음	20	1295	15.6	38	1586	33	0.79
1B	41 (1.60)	5.26 (CO ₂)	있음	21	1355	15.3	19	1496	32	0.78
1B	37 (1.45)	5.70 (CO ₂)	있음	24	1220	13.3	8	1455	30	0.71
1B	36 (1.40)	5.87 (CO ₂)	있음	26	1134	12.6	6	1310	26	0.70
1B	35 (1.38)	6.03 (CO ₂)	있음	23	1078	12	6	1241	26	0.68
1C	47 (1.85)	5.18 (CO ₂)	있음	30	1350	23.3	4	1551	42	0.80
1C	37 (1.45)	5.70 (CO ₂)	있음	26	1050	17	3.5	1220	30	0.68
1D	39 (1.55)	0.5 (N ₂)	있음	28	1150	21.7	5	1275	34	0.71
2A	44 (1.75)	0 (CO ₂)	없음	39.9	4245	66.5	2.9	3170	103	1.040
2A	34 (1.35)	3.19 (CO ₂)	있음	36.9	3338	50.4	2.7	2778	81	0.871
2B	34 (1.35)	3.24 (CO ₂)	있음	33.5	3522	42.0	2.2	2923	75	0.858
2C	34 (1.35)	3.19 (CO ₂)	있음	29.2	3500	35.0	2.8	2826	66	0.836
3A	44 1.75	0 (CO ₂)	없음	665	1880	19.6	120	1661	33.8	1.03
3A	39 1.55	3.08 (CO ₂)	있음	214	1575	16.2	26	1690	32.4	0.911
3A	37 (1.45)	3.12 (CO ₂)	있음	238	1490	15.6	22	1690	31.7	0.898
3B	37 (1.45)	3.36 (CO ₂)	있음	131	1200	12.5	35	1413	27.6	0.833
3B	34 (1.35)	3.56 (CO ₂)	있음	161	1165	12.1	20	1420	26.2	0.787
3C	39 (1.55)	3.16 (CO ₂)	있음	88	1824	10.1	32	1720	24.8	0.886
3C	34 (1.35)	3.54 (CO ₂)	있음	97	1546	9.0	11	1655	23.4	0.793
4A	N/A*	0	없음	53.4	1940	79.5	5.9	2260	113	1.125
4A	(39) 1.55	0.16 (N ₂)	있음	57.1	1866	72.5	15.1	2178	107	1.062
4A	37 (1.45)	0.16 (N ₂)	있음	57.4	1770	70.7	15.1	2247	110	1.056
4A	34 (1.35)	0.19 (N ₂)	있음	18.6	1580	57.2	7.8	1900	95	0.924
4B	N/A*	0	없음	31.3	2685	92.7	4.2	3268	147	1.200
4B	39 (1.55)	0.16 (N ₂)	있음	30.4	2410	70.3	3.5	3350	130	1.082

[0101]

4B	37 (1.45)	0.17 (N ₂)	있음	30.9	2127	60.9	3.4	2990	120	0.992
4B	34 (1.35)	0.19 (N ₂)	있음	30.2	1985	57.8	3.4	3010	114	0.927
4C	39 (1.55)	0.16 (N ₂)	있음	31.5	2715	86.4	4.3	3847	141	1.097
4C	37 (1.45)	0.17 (N ₂)	있음	30.3	2463	76.5	4.1	3668	131	1.040
4C	34 (1.35)	0.18 (N ₂)	있음	29.3	2430	68.1	3.7	3605	111	0.9697
4D	N/A*	0	없음	29.1	2871	92.7	4.0	3502	145	1.167
4D	39 (1.55)	0.16 (N ₂)	있음	29.8	2645	81.2	3.8	3654	138	1.103
4D	37 (1.45)	0.17 (N ₂)	있음	28.0	2570	78.8	3.5	3455	125	1.038
4D	34 (1.35)	0.18 (N ₂)	있음	27.2	2345	66.4	3.4	3192	115	0.977
4E	N/A*	0	없음	26.1	2850	86.7	3.7	3867	139	1.128
4E	39 (1.55)	0.16 (N ₂)	있음	27.4	2770	75.6	3.4	3930	126	1.042
4E	37 (1.45)	0.17 (N ₂)	있음	27.1	2511	68.1	3.3	3570	111	1.004
4E	34 (1.35)	0.18 (N ₂)	있음	25.6	2302	55.5	2.8	3309	104	0.936
5A	39 (1.55)	3.08 (CO ₂)	있음	28.7	1200	19	6	1430	33	0.8
5B	39 1.55	3.08 (CO ₂)	있음	26	1120	16.3	6	1520	36	0.74

* N/A는 보고된 기계적 특성이, 마이크로셀 형 공정에 의해 제조되지 않은, 원래의 형태의 재료에 대한 것임을 나타낸다.

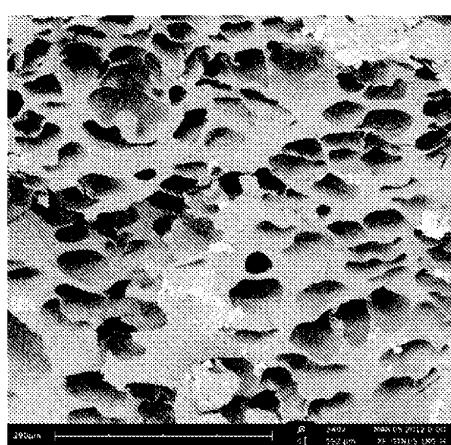
CO₂는 이산화탄소를 나타낸다.

N₂는 이원자성 질소를 나타낸다.

[0102]

도면

도면 1a



도면1b

