(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0122275
(43) 공개일자 2011년11월10일

(51) Int. Cl.
B22F 3/11 (2006.01) *B22F 9/06* (2006.01)
B05D 1/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0041671
(22) 출원일자 2010년05월04일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
김병기
서울특별시 강서구 가양2동 우성아파트 102동 205호
김지순
울산광역시 남구 무거동 선경아파트 402호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
안승태

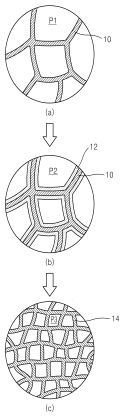
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 금속 다공체 및 그 제조방법

(57) 요 약

기공크기를 균일하게 하여 기공이 막히는 것을 방지하고, 약 200㎛ 이하의 미세한 기공을 형성할 수 있으며, 프라이머층을 포함하지 않는 금속 다공체 및 그 제조방법을 제시한다. 그 금속다공체는 금속 다공체의 기공의 크기에 따라 설정된 기공을 가진 프리폼을 제조하고, 입도가 0.03~0.25㎛이고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 금속분말이 포함된 콜로이드를 정전분무법에 의해 프리폼 위에 도포한 후, 도포층이 형성된 프리폼을 소결하여 제조된다. 이 제조방법에 의하면, 평균 기공 크기가 약 200㎛ 이하이며, 산화중량증가율이 5%보다 크고 15% 이하인 금속 다공체를 얻을 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김진천

경상남도 창원시 성주동 성주유니온빌리지 2차 116-203호

공영민

울산광역시 울주군 범서읍 구영리 동문굿모닝힐 102-102호

김선정

경기도 수원시 영통구 매탄3동 주공그린빌아파트 203-503동

류호진

울산광역시 중구 복산2동 남운럭키아파트 103동 403호

정연석

울산광역시 남구 무거동 문수아이필 101동 606호

윤중열

경상남도 창원시 성주동 한림푸르지오아파트 101동 102호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M-2009-01-0020

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 지식경제 기술혁신사업[소재원천기술개발사업]

연구과제명 극미세 합금 분말 다공성 소재 기술

기여율

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2009년 06월 01일 ~ 2019년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

입도가 0.03~0.25㎛고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 극미세한 금속분말을 콜로이드 상태로 도포된 도포층을 소결하여 이루어지고, 산화중량증가율이 5%보다 크고 15% 이하인 금속 다공체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 금속분말은 단일금속, 합금 또는 그 복합체 중에 선택된 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 금속 다공체.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 금속 다공체는 니켈기 합금을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 금속 다공체.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 금속 다공체는 스폰지 형태의 3차원 망목구조를 가지는 것을 특징으로 하는 금속 다공체.

청구항 5

금속 다공체의 기공의 크기에 따라 설정된 기공을 가진 프리폼을 제조하는 단계;

입도가 0.03~0.25㎛이고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 금속분말이 포함된 콜로이드를 상기 프리폼 위에 도포하여 도포층을 형성하는 단계; 및

상기 도포층이 형성된 상기 프리폼을 소결하여 산화중량증가율이 5%보다 크고 15% 이하인 금속 다공체를 형성하는 단계를 포함하는 금속 다공체의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 금속 분말은 액중 전기폭발법에 의해 제조되는 것을 특징으로 하는 금속 다공체의 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 도포층은 정전분무법에 의해 형성하는 것을 특징으로 하는 금속 다공체의 제조방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 프리폼은 가해지는 온도와 압력의 조건에서 상기 프리폼 전체에 걸쳐 일정한 비율로 수축되는 재질인 것을 특징으로 하는 금속 다공체의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 프리폼은 폴리우레탄인 것을 특징으로 하는 금속 다공체의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금속 다공체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 정전분무법에 의해 도포된 극미세한 분말을 소결하여 이루어진 금속 다공체 및 이를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 금속 다공체는 태양전지 및 연료전지의 전극, 환경오염 정화용 필터, 촉매담체, 고효율 열교환 매체 등과 같이 환경 및 에너지 산업의 핵심소재로 사용될 수 있다. 또한, 그린 카(green car), 초청정 선박, 온실가스 대응산업, 대형 수소발전, 분산전원발전, 고효율 석유대체 연료 생산 등의 환경 및 에너지 기술의 핵심부품으로 급격

하게 사용이 증가될 것으로 예상된다.

[0003] 종래에는 이러한 금속 다공체가 아닌 세라믹 다공체가 주로 사용되어 왔다. 그러나 세라믹 다공체는 세라믹 재료가 가지는 고온안전성에도 불구하고 내열충격성이 낮고, 공정이 복잡하다. 또한, 고온 소결이 필요하고, 가격이 고가인 점이 문제점으로 대두되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 최근에는 세라믹 다공체 대신에 상기한 금속 다공체로 대체되고 있으며, 또한 금속 특성을 활용한 새로운 영역으로서 그 응용분야가 확대될 것으로 기대된다. 특히, 고기능 금속 다공체 폼(foam)은 스폰지 형태의 3차원 망목구조를 구현할 수 있어서, 입자상 물질의 내부포집이 가능하고 배압이 적다는 장점이 있어, 그 활용성이 높다.

[0004] 일반적으로 금속분말을 이용한 다공체 제조기술은 금속분말을 슬러리화한 후 함침하여 제조하는 방법이 사용되어 왔다. 슬러리 함침법의 경우, 균일한 함침이 어렵기 때문에 다공체 뼈대(strut)의 굵기가 불균일하게 되어, 결국 기공크기의 분포가 불균일하게 된다. 또한, 높은 점도의 슬러리를 사용하기 때문에, 미세한 기공을 가진 다공체를 제조할 수 없으며, 기공의 막힘 현상도 발생한다.

[0005] 다른 방법으로는 니켈기 합금과 같은 재질로 이루어진 프라이머층에 결합재와 금속분말을 도포한 후에 소결하여 제조하는 방법이 있다. 이 경우, 프라이머층이 필수적으로 요구된다. 그런데 프라이머층인 니켈기 합금은 고온에서의 산화저항성이 높지 않기 때문에 사용온도의 한계가 있으며, 이러한 니켈기를 포함한 금속 다공체의 수명이 짧아지는 단점이 있다. 이에 따라, 금속 다공체의 물성은 니켈기 합금과 같은 프라이머층의 영향을 받게 되므로, 이러한 프라이머층이 포함되지 않도록 하는 것이 필요하다.

[0006] 프라이머층이 없이 금속 다공체를 제조하기 위해서, 종래의 금속분말의 평균입도는 30㎛ 이상의 크기를 갖는다. 그러나 평균입도가 30㎛ 이상인 분말을 이용하여 다공체를 제조하면, 기공크기가 불균일하고 기공이 막히는 현상이 발생할 수 있다. 이에 따라, 종래의 다공체는 기공크기가 약 200㎛ 이하의 미세한 기공을 형성하기 어렵다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 기공크기를 균일하게 하여 기공이 막히는 것을 방지하고, 약 200㎛ 이하의 미세한 기공을 형성할 수 있으며, 프라이머층을 포함하지 않는 금속 다공체를 제공하는 데 있다. 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 정전분무법을 이용하여 상기 금속 다공체를 제조하는 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 금속 다공체는, 입도가 0.03~0.25㎛이고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 극미세한 금속분말을 콜로이드 상태로 도포된 도포층을 소결하여 이루어지고, 산화중량증가율이 5%보다 크고 15% 이하이다. 여기서, 상기 금속분말은 단일금속, 합금 또는 그 복합체 중에 선택된 어느 하나로 이루어질 수 있다.

[0009] 본 발명에 있어서, 상기 금속 다공체는 니켈기 합금을 포함하지 않으며, 상기 금속 다공체는 스폰지 형태의 3차원 망목구조를 가지는 것이 바람직하다.

[0010] 상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 상기 금속 다공체의 제조방법은, 금속 다공체의 기공의 크기에 따라 설정된 기공을 가진 프리폼을 제조하는 단계, 입도가 0.03~0.25㎛이고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 금속분말이 포함된 콜로이드를 상기 프리폼 위에 도포하여 도포층을 형성하는 단계 및 상기 도포층이 형성된 상기 프리폼을 소결하여 산화중량증가율이 5%보다 크고 15% 이하인 금속 다공체를 형성하는 단계를 포함한다. 이때, 상기 금속분말은 액중 전기폭발법에 의해 제조될 수 있고, 상기 도포층은 정전분무법에 의해 형성할 수 있다.

[0011] 본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 상기 프리폼은 가해지는 온도와 압력의 조건에서 상기 프리폼 전체에 걸쳐 일정한 비율로 수축되는 재질일 수 있다. 또한, 상기 프리폼은 폴리우레탄인 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 금속 다공체 및 그 제조 방법에 의하면, 극미세한 합금 분말을 사용하여 프라이머층을 포함하지 않는 금속 다공체를 제조함으로써, 기공크기를 균일하게 하여 기공이 막히는 것을 방지하고, 약 200㎛ 이하의 미세한 기공을 형성할 수 있는 금속 다공체를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명에 의한 금속 다공체의 제조 방법을 설명하기 위한 부분단면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예들은 상세히 설명한다. 다음에서 설명되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술되는 실시예들에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예들은 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

[0015] 본 발명의 실시예에서는 극미세한 금속분말을 사용하여 기공크기를 균일하게 제어함으로써, 기공이 막히는 것을 방지하고 약 200㎛ 이하의 미세한 기공을 형성할 수 있으며, 프라이머층을 포함하지 않는 금속 다공체 및 그 제조방법을 제시한다. 여기서, 극미세한 금속분말은 통상적으로 입도가 약 0.05~0.15㎛로 평균입도가 약 0.1㎛의 크기를 가지는 분말을 말한다. 하지만, 본 발명의 범주 내에서 상기 입도와 평균입도는 달라질 수 있을 것이다. 이에 따라, 본 발명의 극미세한 금속분말은 입도가 0.03~0.25㎛로 평균입도가 0.08~0.13㎛로 정할 수 있다. 또한, 금속분말은 단일금속, 합금 및 그들의 복합체로 이루어진 것을 일컫는다.

[0016] 도 1은 본 발명에 적용되는 금속 다공체의 제조하는 방법을 설명하기 위한 부분단면도들이다. 여기서, (a) 단계는 프리폼(10), (b) 단계는 프리폼(10)에 정전분무법에 의해 도포된 도포층(12), 그리고 (c) 단계는 최종적인 금속 다공체(14)의 형상을 개략적으로 나타낸 것이다.

[0017] 도 1에 의하면, 먼저 원하는 금속 다공체(14)의 형상, 특히 기공(P3)의 크기에 맞추어 사전에 설정된 기공(P1)을 가진 프리폼(10)을 제조한다. 프리폼(10)은 소결조건에서 일정한 수축률로 줄어드는 재질이 바람직하다. 여기서, 일정한 수축율이란 가해지는 온도와 압력의 조건에서 프리폼(10) 전체에 걸쳐 일정한 비율로 수축되는 것으로, 폴리우레탄이 주로 사용된다. 또한, 프리폼(10)은 금속 다공체(14)의 형상에 맞추어 제조되며, 바람직하게는 스폰지 형태의 3차원 망목구조를 갖는다. 그 후, 극미세 금속분말이 포함된 콜로이드를 정전분무법에 의해 프리폼(10) 위에 일정한 두께로 도포층(12)을 형성한다. 극미세한 금속분말은 일반적으로 입자들 간에 응집하려는 경향이 매우 강하기 때문에 이를 해결하기 위하여 콜로이드로 만드는 것이다. 이에 따라, 도포층(12)은 알콜류와 같은 유기용매, 계면활성제를 포함한 분산제 및 극미세 금속분말을 포함한다. 도포층(12)이 형성된 프리폼(10)은 도시된 바와 같이 도포되지 않은 상태의 기공(P1)보다 작은 기공(P2)을 이룬다.

[0018] 이어서, 사전에 설정된 소결조건인 온도, 압력 및 분위기 가스에서 도포층(12)이 형성된 프리폼(10)을 소결하여 금속 다공체(14)를 제조한다. 이때, 소결조건은 특별하게 제한하는 것은 아니나, 예를 들어 콜로이드에 포함된 금속분말의 양, 금속분말의 크기, 금속분말의 융점, 프리폼의 수축률, 콜로이드를 이루는 용매의 점도 등을 고려하여 정해질 수 있다. 위와 같은 소결조건에서는 프리폼(10)은 수축하면서 금속 다공체의 기공(P3)을 이루고, 금속분말의 소결이 일어나면서 열분해에 의해 제거된다.

[0019] 본 발명의 금속 다공체의 제조방법에 의하면, 본 발명에서와 같이 극미세한 합금분말을 사용함으로써, 금속 다공체를 형성하는 분말입자 간의 결합력이 높아진다. 분말입자 간의 결합력이 높아지면, 기공의 크기를 정밀하게 제어할 수 있어서 기공이 막히는 것을 방지할 수 있고, 기공(P3)의 평균크기가 약 200㎛ 이하인 금속 다공체(14)를 제조할 수 있다.

[0020] 이러한 기공(P3)의 평균크기는 프리폼(10)의 기공(P1)의 크기에 따라 달라질 수 있으므로, 프리폼(10)의 재질에 따라 달라진다. 본 발명의 실시예에서는 프리폼(10)으로 폴리우레탄을 사용하였으나, 만일 다른 재질의 프리폼을 이용한다면 최종적인 금속다공체의 기공(P3)의 크기는 달라질 수 있다. 하지만, 본 발명의 금속다공체이 우수한 특성을 가지기 위해서는 약 200㎛ 이하의 기공 크기가 바람직하며, 이와 같은 기공의 크기는 종래의 방법으로는 구현하기 어렵지만, 본 발명과 같이 극미세분말을 사용하여 이와 같은 기공 크기를 충분하게 실현할 수 있다. 또한, 높은 입자 간의 결합력에 의해 프라이머층이 없어도 다공체를 형성할 수 있으므로, 프라이머층에 의한 다공체의 물성저하를 방지할 수 있다.

[0021] 이하, 실험예를 통하여 본 발명의 금속 다공체의 특성을 살펴보기로 한다.

[0022] 실험재 1

[0023] 액중 전기폭발법에 의해 제조된 평균입도가 0.1㎛인 Ti 분말을 준비하였다. 이와 별도로, 평균 기공(도 1의 P1)의 크기가 200㎛인 폴리우레탄 폼(foam)을 사전에 제작하였다. 그 후, Ti 분말 60g을 0.5g의 분산제(EFKA

401)가 포함된 에탄올 100㎖에 혼합하여 콜로이드를 제조하였다. 상기 콜로이드를 콘젯 형태의 정전분무장치(eS-robot, ESR200R2, NanoNC)에 투입한 후, 30kV의 전압을 인가하여, 폴리우레탄 폼에 50㎛의 두께로 도포하였다. 상기 콜로이드가 도포된 폴리우레탄 폼을 진공분위기로 1000℃에서 10시간 동안 소결하여 Ti 다공체를 제조하였다. 이어서, Ti 다공체의 기공크기와 산화중량증가율을 측정하였다.

[0024] 실험재 2

[0025] 액중 전기폭발법에 의해 제조된 평균입도가 0.1㎛인 Al-Cu-Fe(Al63Cu25Fe12) 합금분말을 준비하였다. 이와 별도로, 평균 기공의 크기가 200㎛인 폴리우레탄 폼을 사전에 제작하였다. 그 후, Al-Cu-Fe 합금분말 40g을 0.5g의 분산제(EFKA 401)가 포함된 에탄올 100㎖에 혼합하여 콜로이드를 제조하였다. 상기 콜로이드를 콘젯 형태의 정전분무장치에 투입한 후, 20kV의 전압을 인가하여, 폴리우레탄 폼에 50㎛의 두께로 도포하였다. 상기 콜로이드가 도포된 폴리우레탄 폼을 환원분위기에서 1000℃에서 10시간 동안 소결하여 Al-Cu-Fe 합금 다공체를 제조하였다. 이어서, Al-Cu-Fe 합금 다공체의 기공크기와 산화중량증가율을 측정하였다.

[0026] 비교실험재 1

[0027] 미세분무법(atomizing)에 의해 제조된 평균입도가 10㎛인 Ti 분말을 준비하였다. 이와 별도로, 평균 기공의 크기가 450㎛인 폴리우레탄 폼을 사전에 제작하였다. 이때, 평균기공크기가 실험재의 기공(P1)보다 큰 이유는 여기서의 Ti 분말이 실험재의 Ti 분말보다 매우 커서 불가피하게 결정되었기 때문이다. 이어서, 물리기상증착에 의해 Ni을 상기 폴리우레탄 폼에 전착한 후, 환원분위기에서 800℃에서 8시간 동안 열처리를 하여 폴리우레탄 폼에 Ni 프라이머층을 형성하였다. 그 후, 결합재인 폴리비닐피롤리돈 1% 수용액을 스프레이(spraying) 방식으로 Ni 프라이머층에 0.1㎛의 두께로 도포하였다. 결합재가 도포된 폴리우레탄 폼에 Ti 분말을 분사하여 결합재와 혼합시킨 후에, 진공분위기에서 1000℃에서 10시간 동안 소결하여 Ti 다공체를 제조하였다. 마지막으로, Ti 다공체의 기공크기와 산화중량증가율을 측정하였다.

[0028] 비교실험재 2

[0029] 미세분무법(atomizing)에 의해 제조된 평균입도가 10㎛인 Al-Cu-Fe 합금분말을 준비하였다. 이와 별도로, 평균 기공의 크기가 450㎛인 폴리우레탄 폼을 사전에 제작하였다. 이때, 평균기공크기가 실험재의 기공(P1)보다 큰 이유는 여기서의 Ti 분말이 실험재의 Ti 분말보다 매우 커서 불가피하게 결정되었기 때문이다. 이어서, 물리기상증착에 의해 Ni을 상기 폴리우레탄 폼에 전착한 후, 환원분위기에서 800℃에서 8시간 동안 열처리를 하여 폴리우레탄 폼에 Ni 프라이머층을 형성하였다. 그 후, 결합재인 폴리비닐피롤리돈을 함유한 1% 수용액 스프레이 방식으로 Ni 프라이머층에 0.1㎛의 두께로 도포하였다. 결합재가 도포된 폴리우레탄 폼에 Al-Cu-Fe 합금분말을 분사하여 결합재와 혼합시킨 후에, 환원분위기에서 1000℃에서 10시간 동안 소결하여 Al-Cu-Fe 합금 다공체를 제조하였다. 마지막으로, Al-Cu-Fe 합금 다공체의 기공크기와 산화중량증가율을 측정하였다.

[0030] 표 1은 본 발명의 실시예에 따른 정전분무법을 이용하여 제조한 실험재 1과 실험재 2 및 종래의 방법으로 제조한 비교실험재 1과 비교실험재 2의 입도, 평균기공크기 및 산화중량증가율을 비교하여 나타낸 것이다. 이때, 입도는 PSA(particle size analyzer)를 사용하여 측정하였고, 기공크기는 SEM(scanning electron microscope)을 이용하여 측정하였다. 또한, 산화중량증가율은 공기 중에서 분당 5도의 승온속도로 1000도까지 승온시킨 다음, 1000℃에서 10시간 유지 후 냉각하는 상태에서 시편의 무게증가율로 측정하였다. 금속 다공체의 경우, 고온에서 노출되는 표면적이 매우 크기 때문에 산화특성을 평가하기 위하여 산화중량증가율을 측정한다.

표 1

[0031]

구분	평균입도 (㎛)	평균기공크기 (㎛)	산화중량증가율(%)
실험재 1	0.1	200	15
실험재 2	0.1	200	15
비교실험재 1	10	450	20
비교실험재 2	10	450	20

[0032] 표 1에 의하면, 비교실험재들에 비하여 분말의 평균입도가 상대적으로 작은 본 발명의 실험재 1, 2의 금속 다공체의 평균기공크기 및 산화중량증가율이 작은 것을 알 수 있었다. 본 발명의 실험재 1, 2는 금속 다공체를 이루는 금속 분말의 입도가 작기 때문에, 이에 의한 다공체의 평균기공크기가 작다. 이에 따라, 본 발명의 실험재들의 기공은 산소와 접촉하는 표면적이 비교실험재들에 비해 월등이 크다. 그러나 비교실험재의 경우에는, 내산화

성이 낮은 Ni 분말이 사용되었기 때문에, 산화중량증가율이 본 발명의 실험재들에 비하여 높게 측정되었다.

[0033] 다시 말해, 본 발명의 실험재는 산소와의 접촉하는 표면적이 비교실험재에 비해 큼에도 불구하고, 산화중량증가율이 더 작은 값을 가졌다. 이는 본 발명의 실험재는 비교실험재와는 달리 고온에서 산화저항성이 높지 않은 니켈기 합금의 프라이머층을 사용하지 않고, 또한 본 실험재는 분말입자의 입도가 상대적으로 작아 분말입자 간의 결합력이 높아져 금속 다공체의 산화저항성이 커진 것을 알 수 있었다.

[0034] 본 발명에 의하면, 입도가 약 0.03~0.25㎛이고 평균입도가 0.08~0.13㎛인 극미세한 분말을 사용하면, 프라이머층으로 사용되는 니켈기 합금을 포함하지 않고, 평균기공크기가 200㎛ 이하의 미세 가공을 갖는 금속 다공체를 제조할 수 있었다. 금속분말의 입도, 프리폼의 기공크기, 공정조건 등을 조절하면, 평균기공크기가 200㎛ 이하이고 산화중량증가율을 15% 이하로 줄일 수 있는 것은 본 발명에 대하여 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명하다 할 것이다.

[0035] 본 발명의 금속 다공체는 평균기공크기가 200㎛ 이하이고, 산화중량증가율을 5%보다 크고 15% 이하인 것이 바람직하다. 이는 상기 금속 다공체가 실질적으로 산업의 핵심소재로 사용될 수 있도록 하는 물성을 고려한 것이다. 본 발명의 금속 다공체는 산소와 접촉하는 표면적이 넓어지고 고온에서의 산화저항성이 증가하므로, 특히, 환경 및 에너지 기술의 핵심부품으로 그 활용도가 커질 것으로 예상된다.

[0036] 이상, 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

부호의 설명

[0037] 10; 프리폼

12; 도포층

14; 금속 다공체

도면

도면1

