(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0093795
(43) 공개일자 2022년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28F 13/00 (2006.01) *B33Y 80/00* (2015.01)
C09D 5/00 (2006.01) *F28F 1/40* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28F 13/003 (2013.01)
B33Y 80/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0184872
(22) 출원일자 2020년12월28일
심사청구일자 2020년12월28일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
김석호
경상남도 김해시 율하3로 76, 805동 1802호(율하동, 신리마을 중앙하이츠아파트)
김석
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 생활관 7동 429호(퇴촌동)
김병휘
부산광역시 동래구 아시아드대로 234, 103동 405호(온천동, 온천동반도보라스카이뷰)
(74) 대리인
김정수

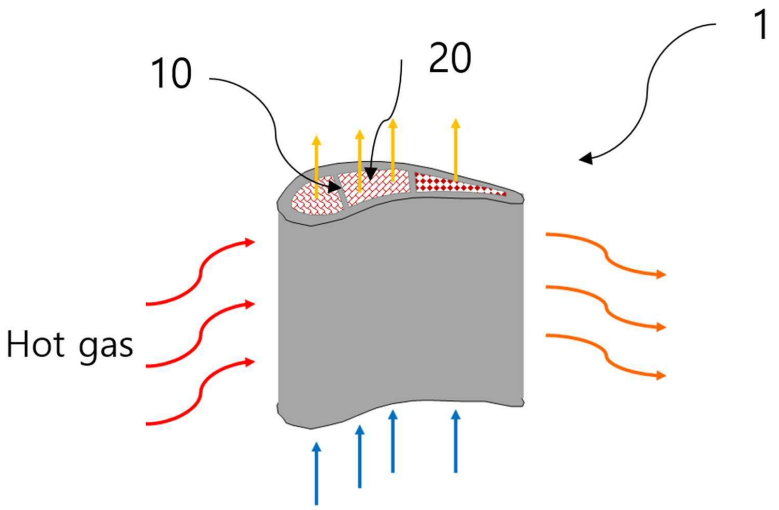
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치는 하나 이상의 격벽을 포함하고, 상기 격벽의 내부 서로 다른 공간에 서로 다른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
C09D 5/00 (2019.08)
F28F 1/405 (2013.01)
F28F 2275/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711114909
과제번호	2019R1A5A8083201
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지역혁신선도연구센터(RLRC)
연구과제명	극한환경 스마트 기계 부품 설계/제조 혁신 센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 격벽을 포함하고,

상기 격벽의 내부 서로 다른 공간에 서로 다른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 3차원 격자형 구조체는 큐빅형상, 옥텟트러스, 켈빈형상 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치.

청구항 3

3차원 격자형 구조체를 3D 금속 프린팅 방법으로 제조하는 3차원 구조체 제조단계;

상기 3차원 격자형 구조체의 표면 강도를 강화시키는 표면강도 개선단계; 및

상기 3차원 격자형 구조체를 고온 가스용 장치 내부에 압입하는 압입단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 고온가스용 장치의 내부 강도를 개선하기 위한 내부면 강도 개선단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 표면강도 개선단계 또는 상기 내부면 강도 개선단계는, 초음파 조사 또는 표면롤링을 통해 금속 조직을 개선하여 강도를 개선하는 것을 특징으로 하는 고온 가스용 장치 제조방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 3차원 격자형 구조체 또는 상기 고온가스용 장치의 내부의 표면 거칠기를 개선하기 위해 나노코팅물질을 도포하는 코팅단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 압입단계이후, 상기 3차원 격자형 구조체를 접합시키는 브레이징 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 마이크로 래티스 구조를 포함하여 열교환 효율을 극대화한 고온 가스용 장치에 관한 것이다.

[0002] 보다 상세하게는, 본 발명은 고온 가스 분위기에서 운용되는 구조체의 효율적 냉각을 위한 기술과 이를 활용한 구조체의 제조방법에 관한 것으로, 고온 환경에서 운용되는 구조체는 재료가 견딜수 있는 한계 온도를 초과한 상태가 지속적으로 반복되면 그 수명이 급격히 감소하여 파손 위험성이 증가하게 된다. 이에 고온 환경에서 운용되는 구조체의 온도를 한계 온도 이하로 유지하기 위한 냉각 기술과 이를 적용한 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 고온 환경에서 운용되는 장치들은 가스터빈 블레이드와 연소기, 보일러 등이 대표적 구조체로 산업분야에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 대표 부품들은 고온 환경에 지속적으로 노출되기 때문에 내열 성능이 우수한 금속 재료를 사용하고 있지만 효율 향상 목적으로 운용 환경의 온도가 금속 재료의 온도 한계범위에 근접하고 있다. 이로 인해 극한 환경에서 작동하는 구조체를 효과적으로 보호하기 위한 냉각 기술이 필수적이다.

[0005] 대표적으로 가스터빈 블레이드는 압축기를 통해 압축된 공기의 일부를 추출하여 고온 환경에서 작동하는 터빈 블레이드 내부의 복잡한 냉각유로를 통과하여 블레이드가 작동하는 고온 가스영역에서 금속 재료의 허용 온도 이하로 유지하여 제품 수명을 관리하고 있다.

[0006] 하지만, 대부분의 냉각유로는 구조체 내부에 위치해야하는 특성으로 복합한 형상에 대한 제작의 어려움과 압력 강하량이 증가하게 되어 단순화된 형상의 통형 채널(monolith channel)형태로 이루어져 있어 열교환 효율향상 제한조건으로 작용하여 우수한 냉각특성을 얻기 어려운 점이 있다.

[0007] 또한, 공개특허 제10-2014-0088718호의 " 냉각장치 내부냉각유로의 내면에 부착되는 핀-휜의 새로운 형상 구조"에서는 냉각 유로에 특정 형상의 핀-휜을 부착하는 구조를 제시하고 있으나, 내부에 일정 구간에 특정형상을 부착하게 되므로 냉각효율을 극대화하는데 한계가 있었고, 부착도 용이하지 못한 한계가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) [특허 문헌] KR 10-2014-0088718호 (공개일자 2014년 07월 11일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 냉각성능 향상을 위해 3차원 마이크로 래티스 구조를 냉각장치, 가스터빌 블레이드 등 고온환경에서 사용되는 구조체 내부에 설치하여 위상최적화 과정을 통해 기계적 강성을 유지하면서 경량화를 실현함으로써, 기존 열교환기 대비 체적당 면적(비표면적)을 넓게 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 냉각성능 향상을 위해 부피대비 전열 면적을 극대화한 격자 모양 혹은 이와 유사한 형상을 지닌 초소형 열교환

기를 고온 환경에서 운용되는 구조체 내부에 적용함에 따라 비표면적 증가에 따른 열교환 효율의 향상뿐 아니라 제작의 용이성을 달성할 수 있다.

[0012] 특히 효율향상에 대한 요구에 대응하기 위해 열전달 효율 향상이 필요한 부품들은 기존의 제조방식 적용 시 복잡한 형상 구현의 한계로 적용의 문제점이 있는 반면, 3차원 적층제조와 제작된 부품의 조립 방식을 통해 문제를 해결할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치는 하나 이상의 격벽을 포함하고, 상기 격벽의 내부 서로 다른 공간에 서로 다른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 3차원 격자형 구조체는 큐빅형상(cubic), 옥텟트러스(octet-truss), 켈빈형상(Kelvin) 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 제조방법은 3차원 격자형 구조체를 3D 금속 프린팅 방법으로 제조하는 3차원 구조체 제조단계; 상기 3차원 격자형 구조체의 표면 강도를 강화시키는 표면강도 개선단계; 및 상기 3차원 격자형 구조체를 고온 가스용 장치 내부에 압입하는 압입단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자형 구조체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 압입단계이후, 상기 3차원 격자형 구조체를 접합시키는 브레이징 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 고온가스용 장치의 내부 강도를 개선하기 위한 내부면 강도 개선단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 표면강도 개선단계 또는 상기 내부면 강도 개선단계는, 초음파 조사 또는 표면롤링을 통해 금속 조직을 개선하여 강도를 개선하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 3차원 격자형 구조체 또는 상기 고온가스용 장치의 내부의 표면 거칠기를 개선하기 위해 나노코팅물질을 도포하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0022] 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치 및 그 제조방법을 통해, 고온 환경의 온도조건에 따라 열전달 특성이 뛰어난 최적의 격자 혹은 이와 유사한 3차원 구조의 냉각용 구조체 적용으로 재료의 허용 온도 범위 내에서 유지가능하게 된다. 또한, 모노리스 채널구조와 비교하여 마이크로 래티스 구조에서는 3차원 구조의 특징으로 인하여 균일한 열유동분포를 가질 수 있어, 고온 유동 환경에서 핫스폿(hot spot)의 생성을 줄임으로써 냉각용 구조체 내부의 열응력(thermal stress)을 효과적으로 감소시켜 크리프(creep) 현상에 의한 구조체의 급작스러운 파손을 방지할 수 있을 것으로 기대되며, 부품의 수명을 향상시키는데 기여할 수 있다. 제조측면에서 상세하게는 구조체 내부의 공간을 지닌 형태로 제작한 다음 냉각용 구조체를 내부 공간에 조립하고 고정하는 과정을 거치면서 제작의 단순화를 달성할 수 있으며 이를 통한 작동온도를 높일 수 있어 시스템 효율향상에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1(a)는 다양한 마이크로 래티스 구조의 단위구조체 예시를 나타내고, 도 1(b)는 마이크로 래티스 구조에 따른 비표면적 특성을 나타내는 그래프이다.

도 2는 3차원 적층제조를 통해 구현한 세라믹 마이크로 래티스 구조와 고온내열 테스트 결과를 나타낸다.

도 3은 3차원 격자형 구조체의 균일한 유동 특성을 보여주는 결과를 나타내고, 도 3(a)가 래티스 구조체이고, 도 3(b)가 모노리스 구조체를 나타낸다.

도 4는 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 블레이드에 관한 것이다.

도 5는 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 열교환기에 관한 것이다.

도 6은 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치의 제조방법에 관한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0026] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0028] 도 1(a)는 다양한 마이크로 래티스 구조의 단위구조체 예시를 나타내고, 도 1(b)는 마이크로 래티스 구조에 따른 비표면적 특성을 나타내는 그래프이다.

[0029] 도 1(a)에 도시된 바와 같이, 마이크로 래티스 구조, 즉 3차원 격자형 구조체에는 큐빅형상, 옥텟트러스, 켈빈형상등이 개시되어 있다.

[0030] 3차원 격자형 구조체의 경우, 도1(b)에 도시된 바와 같이, 부피대비 전열 면적을 극대화할 수 있고, 이러한 격자 모양 혹은 이와 유사한 형상을 지닌 초소형 열교환기를 고온 환경에서 운용되는 구조체 내부에 적용함에 따라 비표면적 증가에 따른 열교환 효율의 향상뿐 아니라 제작의 용이성을 달성할 수 있다.

[0031] 또한, 효율향상에 대한 요구에 대응하기 위해 열전달 효율 향상이 필요한 부품들은 기존의 제조방식 적용 시 복잡한 형상 구현의 한계로 적용의 문제점이 있는 반면, 3차원 격자형 구조체를 3D 적층제조방식으로 제조하고, 제작된 3차원 격자형 구조체를 조립 방식을 통해 열교환기 또는 블레이드, 또는 냉각기에 삽입하여 문제를 해결할 수 있다.

[0033] 도 2는 3차원 적층제조를 통해 구현한 세라믹 마이크로 래티스 구조와 고온내열 테스트 결과를 나타낸다.

[0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 3차원 격자형 구조체를 세라믹 계열의 재질로 제조하고, 고온 내열 테스트를 수행한 결과, 3차원 격자형 구조체에서 냉각효율이 높은 것을 확인하였고, 고온 환경의 온도조건에 따라 열전달 특성이 뛰어난 최적의 격자 혹은 이와 유사한 3차원 구조의 냉각용 구조체를 열교환기 또는 블레이드등에 적용시 냉각효율 증대로 재료의 허용 온도 범위 내에서 유지가능하게 된다.

[0036] 도 3은 3차원 격자형 구조체의 균일한 유동 특성을 보여주는 결과를 나타내고, 도 3(a)가 래티스 구조체이고, 도 3(b)가 모노리스 구조체를 나타낸다.

[0037] 도 3(a) 및 (b)를 통해 알 수 있듯이, 도 3(b)의 모노리스 채널구조와 비교하여 도 3(a)의 마이크로 래티스 구조에서는 3차원 구조의 특징으로 인하여 균일한 열유동분포를 가질 수 있음을 확인하였고, 이는 고온 유동 환경에서 핫스폿(hot spot)의 생성을 줄임으로써 냉각용 구조체 내부의 열응력(thermal stress)을 효과적으로 감소시켜 크리프(creep) 현상에 의한 구조체의 급작스러운 파손을 방지할 수 있으며, 부품의 수명을 향상시키는데 기여할 수 있다

[0039] 도 4는 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 블레이드에 관한 것이고, 도 5는 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 열교환기에 관한 것이다.

[0040] 도 4에 도시된 바와 같이, 블레이드(1)는 하나 이상의 격벽(10)을 포함하고 있고, 마찬가지로 열교환기(1')은 하나 이상의 격벽(10)을 포함하고 있다.

[0041] 격벽(10)에 의해 분리된 블레이드(1) 또는 열교환기(1')의 서로 다른 내부 공간은 서로 다른 3차원 격자형 구조체(20)가 삽입되어 고정되어 있다.

[0043] 3차원 격자형 구조체(20)는 큐빅형상, 옥텟트러스, 켈빈 형상 중 어느 하나일 수 있고 이에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 이러한 다양한 형상의 3차원 격자형 구조체(20)는 도 1 내지 3에 도시된 바와 같이, 열전달 특성은 서로 상이하므로 블레이드(1), 열교환기(1') 또는 고온 환경에서 사용되는 고온 가스용 장치의 특성, 고온 가스의 온도분포에 따라 적합한 3차원 격자형 구조체를 적용하는 것이 바람직하다.

[0045] 이때 온도 특성에 따라 블레이드(1) 또는 열교환기(1')의 내부를 하나 이상의 격자(10)로 구분하고 고온가스가 인입하는 구간에서의 3차원 격자형 구조체(20) 형상과 배출되는 쪽의 3차원 격자형 구조체(20) 형상을 달리하거나, 블레이드(1) 또는 열교환기(1') 내부에 삽입되는 3차원 격자형 구조체(20)의 밀도를 서로 달리할 수 있다.

[0046] 즉, 고온 가스용 장치에 유입되는 고온 가스가 유입시부터 온도가 서로 다르게 들어온 경우, 혹은 고온 가스용 장치를 거쳐 지나가면서 온도가 변하게 되므로 이 때 고온 가스의 특성이 변화하게 되고 이를 최적 조건으로 열전달하기 위해 격벽(10)을 통해 구분된 서로 다른 공간에 서로 다른 3차원 격자형 구조체(20)의 형상을 배열하여 열전달 효율 특성을 극대화하는 것이다.

[0047] 여기서, 블레이드(1) 또는 열교환기(1')와 같이 고온 가스 환경에서 사용되는 구조체를 통칭하여 고온 가스용 장치라고 한다.

[0048] 블레이드(1) 또는 열교환기(1') 내부에 삽입시 3차원 격자형 구조체(20)의 형상과 밀도 둘다를 달리하거나, 형상 또는 밀도만 서로 다르게 배열할 수도 있다.

[0050] 도 6은 본 발명에 따른 3차원 격자형 구조체를 포함하는 고온 가스용 장치의 제조방법에 관한 것이다.

[0051] 도 6에 도시된 바와 같이, 블레이드(1) 또는 열교환기(1')등의 고온 가스용 장치에 삽입하기 위한 3차원 격자형 구조체(20)를 3D 금속 프린팅 방법으로 제조하는 3차원 구조체 제조단계(S100)를 수행한다.

[0052] 3차원 격자형 구조체(20)를 제조한 이후, 3차원 격자형 구조체(20)의 표면 강도를 강화시키기 위한 표면강도 개선단계(S200)를 수행한다.

[0053] 표면강도를 개선하는 방법으로는 초음파 조사를 통한 미세진동을 표면에 주어 금속의 표면을 개질함으로써 표면강도를 개선할 수 있다.

[0055] 표면 강도가 개선된 이후, 3차원 격자형 구조체(20)를 고온 가스용 장치 내부에 압입하게 되는 압입단계(S300)를 거치게 된다.

[0056] 압입단계(S300)를 거쳐 고온 가스용 장치 내부에 3차원 격자형 구조체(20)가 압입 고정된 경우 열교환기(1') 등 물리력이 가해지지 않는 경우에는 그대로 사용할 수도 있고, 블레이드(1)와 같이 외부 물리력이 지속적으로 가해지는 경우에는 압입만으로 고정되는데 한계가 있을 수 있으므로 압입이후에 용접등과 같이 블레이징단계(S400)를 거쳐 3차원 격자형 구조체(20)와 고온 가스용 장치의 외주면을 고정시킴으로써 고정력을 향상시킨다.

[0058] 또한, 추가적으로 3차원 격자형 구조체(20)의 고온 가스용 장치 내부에 압입시 고온 가스용 장치 내부 표면이 손상될 수도 있으므로 삽입 이전에 고온 가스용 장치 내부의 강도를 개선하는 내부면 강도 개선단계(S250)를 수행할 수도 있다.

[0059] 이 때, 내부면 강도 개선단계(S250)는 초음파 초음파 조사를 통한 미세진동을 표면에 주어 금속의 표면을 개질함으로써 표면강도를 개선하거나, 표면롤링을 통해 금속 조직을 개선하여 강도를 개선할 수 있다.

[0061] 또한, 부가적으로, 3차원 격자형 구조체(20) 또는 고온가스용 장치의 내부의 표면 거칠기를 개선하기 위해 나노 코팅물질을 도포하는 코팅단계(S260)를 수행한 후 압입을 할 수도 있다.

[0062] 표면 거칠기를 개선하여 3차원 격자형 구조체(20)와 고온가스용 장치의 내부 표면에서의 압입시 마찰 손상에 의해 고온 가스용 장치 및 3차원 격자형 구조체(20)가 파손되거나 스크래치에 의해 열응력이 집중되는 현상을 방지할 수 있다.

[0064] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

[0065] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0067] 1: 블레이드 1': 열교환기

10: 격벽 20: 3차원 격자형 구조체

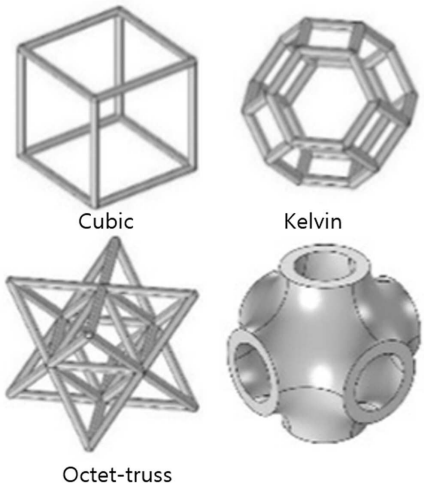
S100: 3차원 구조체 제조단계 S200: 표면강도 개선단계

S250: 내부면 강도 개선단계 S260: 코팅단계

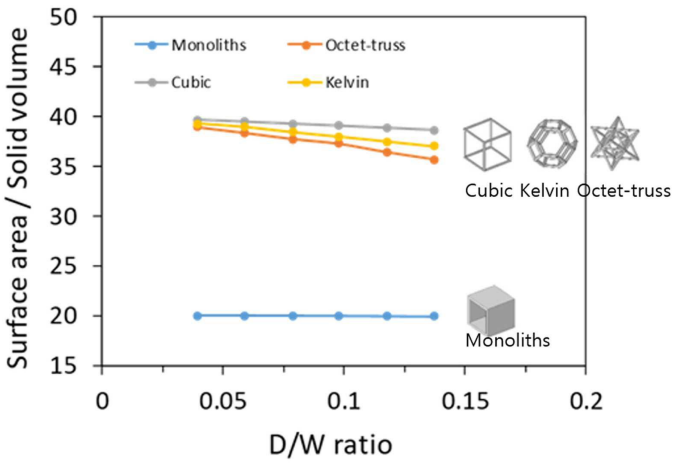
S300: 압입단계 S400: 블레이징단계

도면

도면1

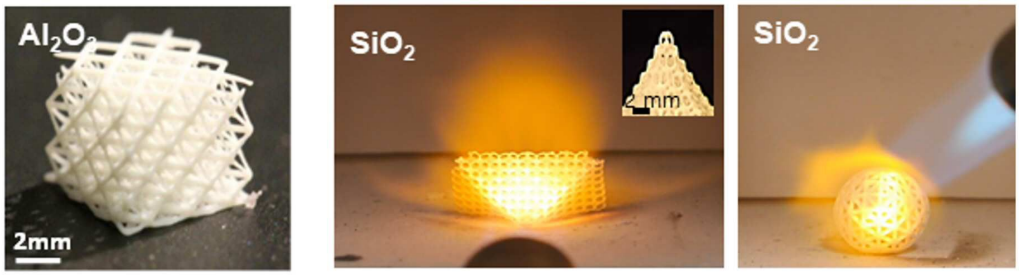

Cubic
Kelvin
Octet-truss

(a)

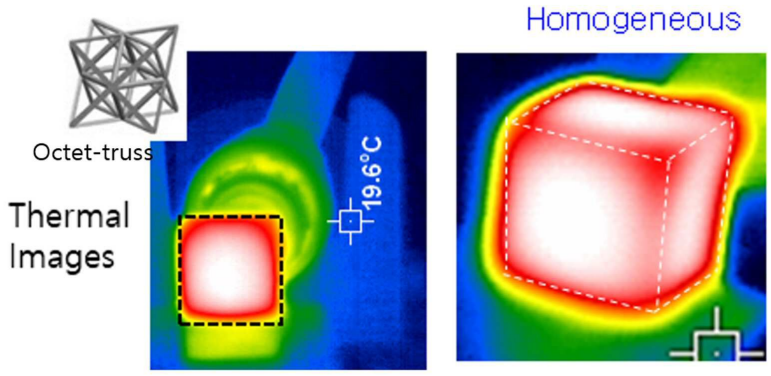

Monoliths
Octet-truss
Cubic
Kelvin
Cubic Kelvin Octet-truss
Monoliths
Surface area / Solid volume
D/W ratio
50
45
40
35
30
25
20
15
0
0.05
0.1
0.15
0.2

(b)

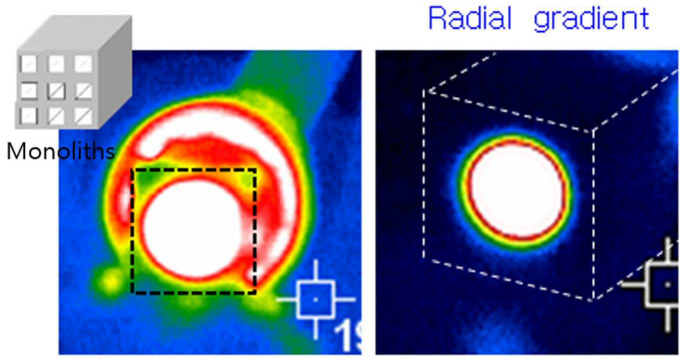
도면2


Al2O3
2mm
SiO2
2 mm
SiO2

도면3

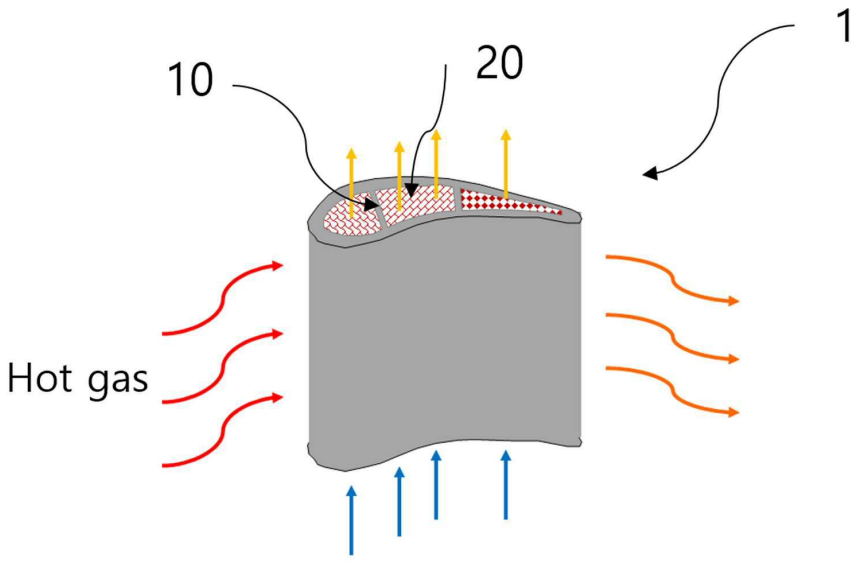

Homogeneous
Octet-truss
Thermal Images
19.6°C

(a)

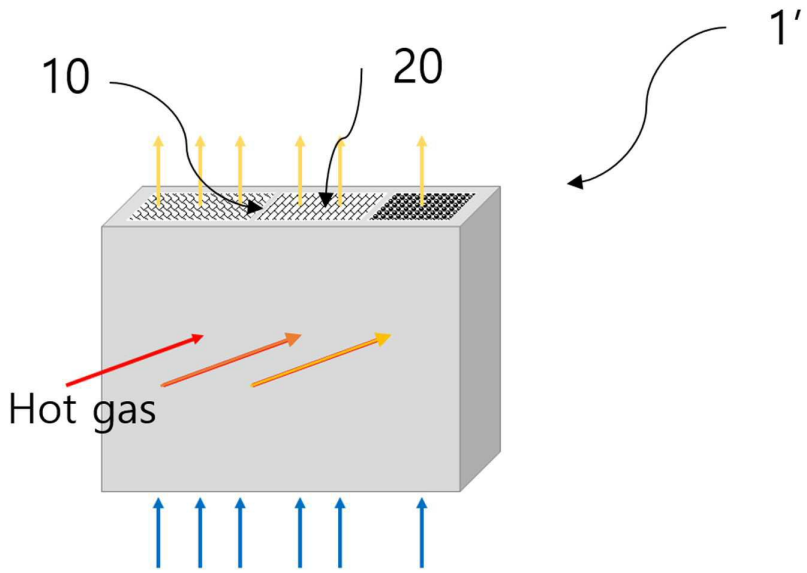

Radial gradient
Monoliths

(b)

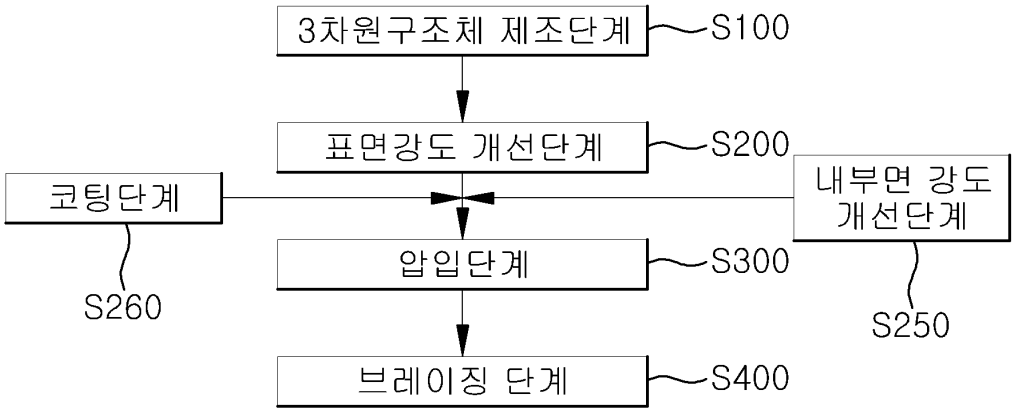
도면4


1
10
20
Hot gas

도면5


1'
10
20
Hot gas

도면6


3차원구조체 제조단계
S100
표면강도 개선단계
S200
코팅단계
내부면 강도 개선단계
압입단계
S300
S260
S250
브레이징 단계
S400