



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0094971
(43) 공개일자 2025년06월26일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>F28D 15/04</i> (2006.01) <i>B33Y 80/00</i> (2015.01)
 <i>F28D 15/02</i> (2006.01) <i>H01L 23/427</i> (2006.01)
 <i>H05K 7/20</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>F28D 15/046</i> (2013.01)
 <i>B33Y 80/00</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0185542
 (22) 출원일자 2023년12월19일
 심사청구일자 2023년12월19일</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 방인철
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 박예영
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(74) 대리인
 전용준</p> |
|--|---|

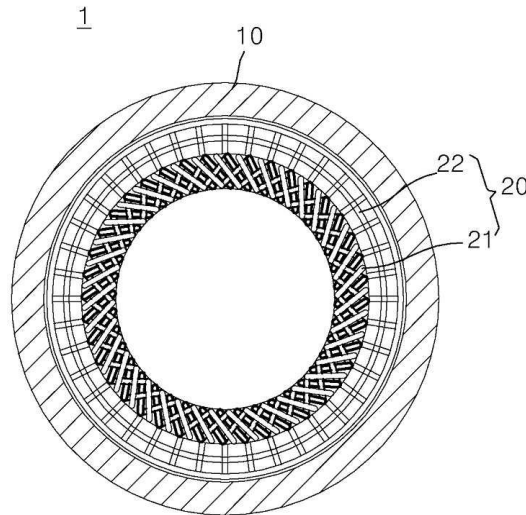
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 워, 이를 포함한 히트 파이프 및 이의 제조 방법**

(57) 요약

본 발명에 따른 복합 격자 구조의 모세관 워를 포함한 히트 파이프는, 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되는 모세관 워가 기공 크기가 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층된 구조를 가지도록 형성됨으로써, 히트 파이프의 내부 외측에서 내측 방향으로 모세관력을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 히트 파이프의 내부 외측에서는 액체의 투과율을 향상시켜 액체의 수송력을 증가시킴으로써, 히트 파이프의 열전달율이 향상될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 모세관 워는 3D 프린팅 기술을 이용하여 제조됨으로써, 복잡한 형상의 격자 구조를 복수의 층으로 적층된 모세관 워를 보다 용이하게 제조할 수 있는 이점이 있다. 또한, 본 발명에 따르면 파이프 본체의 내벽에는 워 구조를 추가적으로 가공할 필요가 없기 때문에, 히트 파이프의 구성 및 제조가 용이하고, 기존의 파이프 본체들에 적용이 가능한 이점이 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F28D 15/0266 (2013.01)

H01L 23/427 (2013.01)

H05K 7/20336 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711200890
과제번호	2021M2D2A1A03048950
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력기초연구지원사업
연구과제명	원자로 소형화 및 피동화 혁신 히트파이프 기술 리더연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

작동유체를 수용하는 파이프 본체와;

상기 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되고, 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경 방향으로 적층되어 형성되고, 상기 복수의 격자 레이어들 중에서 외주측에 위치한 격자 레이어는 내주측에 위치한 격자 레이어보다 기공 크기가 크게 형성된 모세관 벽을 포함하는,

복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 모세관 벽은,

상기 복수의 격자 레이어들이 3D 프린팅으로 형성된,

복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 격자 레이어들은,

상기 모세관 벽의 내주측에 배치되고 제1기공 크기의 제1격자 구조로 형성된 inner 격자 레이어와,

상기 inner 격자 레이어의 외주면에 적층되고, 상기 제1기공 크기보다 큰 제2기공 크기를 가지고 상기 제1격자 구조보다 부피 대비 면적 비율이 작은 제2격자 구조로 형성된 outer 격자 레이어를 포함하는,

복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제1격자 구조는, 다이아몬드 격자 구조를 포함하는,

복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 제2격자 구조는, 큐빅 격자 구조를 포함하는,

격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 inner 격자 레이어는,

상기 제1격자 구조가 복수의 층으로 반경방향으로 적층되어 형성된,

복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 7

청구항 3에 있어서,
상기 아우터 격자 레이어는,
상기 제2격자 구조가 복수의 층으로 반경방향으로 적층되어 형성된,
복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 8

청구항 1에 있어서,
상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된,
복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 9

작동유체를 수용하는 파이프 본체와;
상기 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되고, 격자 구조와 기공 크기가 서로 다른 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층되어 형성된 중공형의 모세관 벽을 포함하고,
상기 모세관 벽은, 3D 프린팅에 의해 형성되고,
상기 복수의 격자 레이어들은,
상기 모세관 벽의 내주측에 배치되고 제1기공 크기의 다이아몬드 격자 구조가 복수의 층으로 적층되어 형성된 이너 격자 레이어와,
상기 이너 격자 레이어의 외주면에 적층되고, 상기 이너 격자 레이어보다 투과율이 높아지도록 상기 제1기공 크기보다 큰 제2기공 크기의 큐빅 격자 구조가 복수의 층으로 적층되어 형성된 아우터 격자 레이어를 포함하는,
복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 10

청구항 9에 있어서,
상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된,
복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프.

청구항 11

파이프 본체에 축방향으로 삽입가능하도록 중공형으로 형성되고, 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층되고, 상기 복수의 격자 레이어들 중에서 외주측에 위치한 격자 레이어는 내주측에 위치한 격자 레이어보다 기공 크기가 크게 형성된,
히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 벽.

청구항 12

3D 프린터를 이용하여, 미리 설정된 제1기공 크기의 제1격자 구조를 가지는 파이프 형상의 이너 격자 레이어를 3D 프린팅하는 단계와;
상기 이너 격자 레이어의 외주면에 상기 제1기공 크기보다 크게 설정된 제2기공 크기를 가지는 아우터 격자 레이어를 3D 프린팅하여, 제1격자 구조와 상기 제2격자 구조가 일체로 형성된 모세관 벽을 형성하는 단계와;
상기 모세관 벽을 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입하는 단계를 포함하는,
복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,
상기 제1격자 구조는, 다이아몬드 격자 구조를 포함하는,
복합 격자 구조의 모세관 윅을 포함한 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 14

청구항 12에 있어서,
상기 제2격자 구조는, 큐빅 격자 구조를 포함하는,
복합 격자 구조의 모세관 윅을 포함한 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 15

청구항 12에 있어서,
상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된,
복합 격자 구조의 모세관 윅을 포함한 히트 파이프의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 윅, 이를 포함한 히트 파이프 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 파이프 본체의 내부에 삽입되는 모세관 윅이 서로 다른 격자 구조와 기공 크기를 가지는 복수의 격자 레이어들이 적층되어 형성됨으로써, 상기 모세관 윅의 모세관력과 액체의 투과율을 모두 확보하여 히트 파이프의 열전달율을 최대화시킬 수 있는 히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 윅, 이를 포함한 히트 파이프 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 히트 파이프(Heat pipe)는 파이프 내에 작동유체가 수용되어 밀봉되고, 파이프의 일단부인 가열단에서 외부 열을 받아 증발한 증기는 파이프의 내부에서 축방향을 따라 상기 파이프의 타단부로 이동하고, 상기 파이프의 타단부인 냉각단에서 응축되어 열을 방출하고, 상기 냉각단에서 응축된 응축액은 파이프의 내면에 있는 윅(wick)을 통해 모세관력으로 운반되어 상기 가열단으로 순환하는 장치이다.

[0003] 그러나, 종래의 히트 파이프는 내면에 그루브 형태의 윅을 형성해야 하기 때문에, 제조 및 관리가 어려운 문제점이 있다. 또한, 그루브의 단면적을 줄일수록 모세관력은 향상되나 투과율이 저하되어 열전달 용량이 저하되고, 그루브의 단면적을 늘릴 경우 모세관력이 저하되는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1439185호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 모세관력과 액체의 투과율을 모두 확보할 수 있는 히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 윅, 이를 포함한 히트 파이프 및 이의 제조 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 복합 격자 구조의 모세관 윅을 포함한 히트 파이프는, 작동유체를 수용하는 파이프 본체와; 상기 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되고, 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경방

향으로 적층되어 형성되고, 상기 복수의 격자 레이어들 중에서 외주측에 위치한 격자 레이어는 내주측에 위치한 격자 레이어보다 기공 크기가 크게 형성된 모세관 벽을 포함한다.

[0007] 상기 모세관 벽은, 상기 복수의 격자 레이어들이 3D 프린팅으로 형성된다.

[0008] 상기 복수의 격자 레이어들은, 상기 모세관 벽의 내주측에 배치되고 제1기공 크기의 제1격자 구조로 형성된 이너 격자 레이어와, 상기 이너 격자 레이어의 외주면에 적층되고, 상기 제1기공 크기보다 큰 제2기공 크기를 가지고 상기 제1격자 구조보다 부피 대비 면적 비율이 작은 제2격자 구조로 형성된 아우터 격자 레이어를 포함한다.

[0009] 상기 제1격자 구조는, 다이아몬드 격자 구조를 포함한다.

[0010] 상기 제2격자 구조는, 큐빅 격자 구조를 포함한다.

[0011] 상기 이너 격자 레이어는, 상기 제1격자 구조가 복수의 층으로 반경방향으로 적층되어 형성된다.

[0012] 상기 아우터 격자 레이어는, 상기 제2격자 구조가 복수의 층으로 반경방향으로 적층되어 형성된다.

[0013] 상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프는, 작동유체를 수용하는 파이프 본체와; 상기 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되고, 격자 구조와 기공 크기가 서로 다른 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층되어 형성된 중공형의 모세관 벽을 포함하고, 상기 모세관 벽은, 3D 프린팅에 의해 형성되고, 상기 복수의 격자 레이어들은, 상기 모세관 벽의 내주측에 배치되고 제1기공 크기의 다이아몬드 격자 구조가 복수의 층으로 적층되어 형성된 이너 격자 레이어와, 상기 이너 격자 레이어의 외주면에 적층되고, 상기 이너 격자 레이어보다 투과율이 높아지도록 상기 제1기공 크기보다 큰 제2기공 크기의 큐빅 격자 구조가 복수의 층으로 적층되어 형성된 아우터 격자 레이어를 포함한다.

[0015] 상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된다.

[0016] 본 발명의 다른 측면에 따른 히트 파이프용 복합 격자 구조의 모세관 벽은, 파이프 본체에 축방향으로 삽입가능하도록 중공형으로 형성되고, 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층되고, 상기 복수의 격자 레이어들 중에서 외주측에 위치한 격자 레이어는 내주측에 위치한 격자 레이어보다 기공 크기가 크게 형성된다.

[0017] 본 발명에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 제조 방법은, 3D 프린터를 이용하여, 미리 설정된 제1기공 크기의 제1격자 구조를 가지는 파이프 형상의 이너 격자 레이어를 3D 프린팅하는 단계와; 상기 이너 격자 레이어의 외주면에 상기 제1기공 크기보다 크게 설정된 제2기공 크기를 가지는 아우터 격자 레이어를 3D 프린팅하여, 제1격자 구조와 상기 제2격자 구조가 일체로 형성된 모세관 벽을 형성하는 단계와; 상기 모세관 벽을 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입하는 단계를 포함한다.

[0018] 상기 제1격자 구조는, 다이아몬드 격자 구조를 포함한다.

[0019] 상기 제2격자 구조는, 큐빅 격자 구조를 포함한다.

[0020] 상기 파이프 본체는 내부 표면이 평평하게 형성된다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프는, 파이프 본체의 내부에 축방향으로 삽입되는 모세관 벽이 기공 크기가 서로 다른 격자 구조를 가지는 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층된 구조를 가지도록 형성됨으로써, 히트 파이프의 내부 외측에서 내측 방향으로 모세관력을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 히트 파이프의 내부 외측에서는 액체의 투과율을 향상시켜 액체의 수송력을 증가시킴으로써, 히트 파이프의 성능이 향상될 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 모세관 벽은 3D 프린팅 기술을 이용하여 제조됨으로써, 복잡한 형상의 격자 구조를 복수의 층으로 적층된 모세관 벽을 보다 용이하게 제조할 수 있는 이점이 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 따르면 파이프 본체의 내벽에는 벽 구조를 추가적으로 가공할 필요가 없기 때문에, 히트 파이프의 구성 및 제조가 용이하고, 기존의 파이프 본체들에 적용이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 일부를 나타낸 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 횡단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 모세관 벽의 아우터 격자 레이어의 외주면을 나타낸 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 모세관 벽의 이너 격자 레이어의 외주면을 나타낸 사진이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 모세관 벽을 축방향과 횡방향으로 각각 자른 단면과 이들의 SEM 사진이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 아우터 격자 레이어의 큐빅 격자 구조의 단위 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 아우터 격자 레이어의 다이아몬드 격자 구조의 단위 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 유체 질량 유량을 종래의 경우와 비교 도시한 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 모세관 펌핑력을 종래의 경우와 비교 도시한 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽의 표면 거칠기를 나타낸 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 일부를 나타낸 사시도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 횡단면도이다.
- [0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프(1)는, 파이프 본체(10)와 모세관 벽(20)을 포함한다.
- [0028] 상기 파이프 본체(10)는, 작동유체를 수용하도록 형성된 중공형의 파이프이다. 상기 파이프 본체(10)는, 단면이 원형이고, 내주면이 매끈하고 평평하게 형성된다.
- [0029] 상기 모세관 벽(20)은, 상기 파이프 본체(10)의 내부에 축방향으로 삽입된다. 상기 모세관 벽(20)은, 기 제작된 상기 파이프 본체(10)의 내부에 축방향으로 착탈가능하도록 삽입된 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 모세관 벽(20)의 외주면은 상기 파이프 본체(10)의 내주면에 밀착되게 삽입된다.
- [0030] 상기 모세관 벽(20)은, 상기 파이프 본체(10)와 별도로 제작되며, 3D 프린터를 이용하여 3D 프린팅에 의해 중공의 파이프 형상으로 형성된다.
- [0031] 상기 모세관 벽(20)은, 기공 크기와 격자 구조가 서로 다르게 형성된 복수의 격자 레이어들이 반경방향으로 적층된 하이브리드 격자 구조로 형성된다. 상기 복수의 격자 레이어들은 반경방향으로 갈수록 기공 크기가 크게 형성된다.
- [0032] 도 2 내지 도 5를 참조하면, 본 실시예에서는 상기 복수의 격자 레이어들은, 2개의 이너 격자 레이어(21)와 아우터 격자 레이어(22)를 포함하는 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 격자 레이어들의 개수는 2개 이상으로 다양하게 변경하여 적용 가능하다. 또한, 상기 격자 레이어들은 서로 기공 크기만 다르고 격자 구조는 동일하게 형성되는 것도 물론 가능하다.
- [0033] 상기 이너 격자 레이어(21)는, 상기 모세관 벽(20)의 내주측에 배치되고 미리 설정된 제1기공 크기를 가지는 제1격자 구조로 형성된다.
- [0034] 도 4 및 도 7을 참조하면, 상기 제1격자 구조는, 다이아몬드 격자 구조인 것으로 예를 들어 설명한다. 일반적으로 격자 구조는 다양한 종류가 있으나, 본 발명에서는 부피 대비 면적 비율(Surface area to volume ratio)이 비교적 높은 구조인 다이아몬드 격자 구조를 사용한다. 상기 다이아몬드 격자 구조의 부피 대비 면적 비율은 약

5mm^{-1} 이다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 제1격자 구조는 상기 아우터 격자 레이어(22)의 격자 구조보다 기공 크기가 작아서 모세관력을 향상시킬 수 있는 구조라면 변경하여 적용 가능하다.

- [0035] 도 7은 다이아몬드 격자 구조의 단위 구조를 나타낸다.
- [0036] 상기 아우터 격자 레이어(22)는, 상기 이너 격자 레이어(21)의 외주측에 적층되어 상기 모세관 워(20)의 외주면을 형성한다. 상기 아우터 격자 레이어(22)는, 상기 제1기공 크기보다 큰 제2기공 크기를 가지고, 상기 제1격자 구조보다 부피 대비 면적 비율이 작은 제2격자 구조로 형성된다. 상기 아우터 격자 레이어(22)의 외주면은 상기 파이프 본체(10)의 내측벽에 밀착된다.
- [0037] 도 3 및 도 6을 참조하면, 상기 제2격자 구조는 큐빅 격자 구조인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 제1격자 구조는 상기 이너 격자 레이어(21)의 격자 구조보다 기공 크기가 커서 투과율을 향상시킬 수 있는 구조라면 변경하여 적용 가능하다.
- [0038] 도 6은 큐빅 격자 구조에 포함된 단위 구조를 나타낸다.
- [0039] 상기 이너 격자 레이어(21)는 작동유체의 모세관력을 발생시키는 모세관 유로 역할을 하므로, 상기 아우터 격자 레이어(22)보다 더 촘촘한 격자 구조로 형성된다. 상기 이너 격자 레이어(21)는, 모세관력을 향상시키기 위한 레이어이다.
- [0040] 상기 아우터 격자 레이어(22)는 작동유체를 축방향으로 수송시 수송 유로 역할을 하므로, 상기 이너 격자 레이어(21)보다 성긴 격자 구조로 형성된다.
- [0041] 즉, 상기 모세관 워(20)은, 모세관력을 향상시키기 위한 상기 이너 격자 레이어(21)와, 작동 유체의 수송시 투과율을 향상시키기 위한 상기 아우터 격자 레이어(22)가 적층된 복합 레이어 구조이다.
- [0042] 또한, 도 2를 참조하면, 본 실시예에서는, 상기 이너 격자 레이어(21)는 다이아몬드 격자 구조가 3개의 층으로 반경방향으로 적층되고, 상기 아우터 격자 레이어(22)는 큐빅 격자 구조가 2개의 층으로 반경방향으로 적층된 것으로 예를 들어 설명한다.
- [0043] 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 이너 격자 레이어(21)의 적층수, 반경방향 두께 및 기공 크기는 모세관력에 따라 다양하게 변경하여 적용 가능하다.
- [0044] 또한, 상기 아우터 격자 레이어(22)의 적층수, 반경방향 두께 및 기공 크기는 상기 투과율에 따라 다양하게 변경하여 적용 가능하다.
- [0046] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 워를 포함한 히트 파이프의 제조 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0047] 먼저, 3D 프린터를 이용하여, 상기 이너 격자 레이어(21)를 3D 프린팅한다.
- [0048] 상기 3D 프린터기에는 상용 격자 생성 소프트웨어인 엔토폴로지(nTopology)를 사용할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 3D 격자 생성 소프트웨어라면 다양하게 적용할 수 있다.
- [0049] 상기 이너 격자 레이어(21)는 미리 설정된 상기 제1기공 크기의 제1격자 구조를 가지는 중공형의 파이프 형상으로 형성된다.
- [0050] 다음으로, 상기 3D 프린터를 이용하여, 상기 이너 격자 레이어(21)의 외주면에 상기 아우터 격자 레이어(22)를 적층한다.
- [0051] 상기 아우터 격자 레이어(22)는 상기 제1기공 크기보다 크게 설정된 상기 제2기공 크기의 제2격자 구조를 가지도록 형성된다.
- [0052] 따라서, 상기 이너 격자 레이어(21)의 외측에 상기 아우터 격자 레이어(22)가 적층되어 일체로 형성된 상기 모세관 워(20)이 형성될 수 있다.
- [0053] 상기 모세관 워(20)을 상기 파이프 본체(10)의 내부에 축방향으로 삽입하면, 상기 히트 파이프의 제조가 완료된다.
- [0054] 상기와 같이, 본 발명에서는 상기 파이프 본체(10)에는 별도의 그루브나 표면 처리 등의 추가 가공을 할 필요가

없으므로, 기존의 파이프 본체(10)에도 사용이 가능하며, 보다 다양한 파이프 본체에 적용할 수 있다.

- [0055] 상기 모세관 워(20)은 3D 프린팅으로 제조되기 때문에, 다양한 기공 크기와 복잡한 격자 구조를 구현하는 것이 용이하며, 상기 이너 격자 레이어(21)에 상기 아우터 격자 레이어(22)의 적층도 용이하다.
- [0057] 상기와 같이 구성된 복합 격자 구조의 모세관 워를 포함한 히트 파이프의 작용을 설명하면, 다음과 같다.
- [0058] 상기 히트 파이프(1)의 일단부, 즉 냉각단에서 응축된 액체가 증발단으로 다시 수송될 때, 상기 히트 파이프(1)의 내부에서 외주측에 배치된 상기 아우터 격자 레이어(22)의 큐빅 격자 구조를 통과하게 된다.
- [0059] 상기 아우터 격자 레이어(22)의 큐빅 격자 구조는 기공 크기가 충분히 크게 설정되기 때문에, 액체의 수송시 축방향 유동 저항이 감소되어 액체의 압력 강하를 감소시켜, 액체의 투과율이 향상될 수 있다.
- [0060] 또한, 상기 히트 파이프(1)의 타단부, 즉 가열단에서 외부 열원으로부터 내부의 작동유체에 열이 전달될 때, 열은 상기 히트 파이프(1)의 내부에서 외주측에 배치된 상기 아우터 격자 레이어(22)의 큐빅 격자 구조를 먼저 통과하게 된다.
- [0061] 상기 아우터 격자 레이어(22)의 큐빅 격자 구조는 액체의 수용 공간을 충분히 제공하기 때문에, 높은 열부하 조건에서 작동유체가 마르는 현상(Dry out)이 방지되어, 히트 파이프의 작동이 중지되는 것도 방지될 수 있다.
- [0062] 상기 히트 파이프(1)에서 액체와 기체의 계면에 배치된 상기 이너 격자 레이어(21)는 상기 다이아몬드 격자 구조로 형성됨으로써, 높은 모세관력이 확보될 수 있다.
- [0063] 일반적으로 모세관력은 상기 모세관 워(20)의 기공 크기, 즉 모세관 반경에 반비례한다. 본 발명에서는, 액체와 기체의 계면에 배치된 상기 이너 격자 레이어(21)는 다이아몬드 격자 구조로 형성됨으로써, 상기 큐빅 격자 구조 등과 같은 다른 구조에 비해 기공 크기가 매우 작기 때문에 보다 높은 모세관력이 확보될 수 있다.
- [0064] 따라서, 상기 모세관 워(20)의 내주측은, 보다 작은 기공을 가지는 다이아몬드 격자 구조를 형성하여 모세관력을 보다 향상시키고, 상기 모세관 워(20)의 외주측은 보다 큰 기공을 가지는 큐빅 구조를 형성하여 투과율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0065] 즉, 본 발명에 따른 상기 모세관 워(20)은 반경방향으로 적어도 2개의 서로 다른 기공 크기를 가지는 격자 구조가 적층되어 이중 레이어를 구성함으로써, 열전달시 모세관력은 향상시키면서 액체 수송시 압력 강하를 낮추어 액체의 수송력을 증가시킬 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명에서는 상기 파이프 본체(10)에는 워 구조나 별도의 가공이 필요하지 않기 때문에, 기존의 파이프 본체들에 적용이 용이하다.
- [0067] 또한, 3D 프린팅 기술을 활용하기 때문에, 추가적인 가공이나 용접 공정이 필요하지 않고, 복잡한 형상의 격자 구조도 복수의 층으로 적층하여 보다 용이하게 제조할 수 있다.
- [0068] 본 발명에 따른 기공 크기가 서로 다른 2개 이상의 격자 구조를 가지는 모세관 워가 구비된 히트파이프의 열전달 증진 효과를 설명하면 다음과 같다.
- [0069] 수식식 1을 참조하면, 일반적으로 히트파이프의 열전달율(Heat transfer rate, q)은 질량 유량(mass flow rate, $\dot{m}$)에 따라 달라지는 것을 알 수 있다.

수식식 1

$$q = \dot{m} \lambda$$

여기서, λ 는 잠열(latent heat)을 나타낸다.

[0072] 수학식 2를 참조하면, 작동유체의 질량 유량($\dot{m}$)은 워 구조물에 의해 결정되는 항인 투과율(K)과 모세관 반경(r)의 비율에 따라 결정되는 것을 알 수 있다.

수학식 2

[0073]

$$\dot{m} = \frac{\rho \sigma}{\mu} \frac{2A_{wick}}{L_{eff}} \frac{K}{r}$$

[0074] 여기서, ρ 는 작동유체의 밀도, σ 는 작동유체의 표면 장력, μ 는 작동유체의 점도, A_{wick} 은 워의 면적, L_{eff} 는 히트 파이프의 유효 길이, K는 투과율(Permeability), r은 워의 모세관 반경을 나타낸다.

[0075] 따라서, 히트파이프의 열전달율(q)은 질량 유량($\dot{m}$)에 따라 달라지고, 질량 유량($\dot{m}$)은 투과율(K)과 모세관 반경(r)에 따라 달라지는 것을 알 수 있다.

[0076] 도 8을 참조하면, 종래의 워 구조로 스크린 메쉬를 구비한 경우와 본 발명에 따른 3D 프린팅 기술을 이용하여 기공 크기가 서로 다른 격자 구조를 조합한 3D 프린팅 복합 격자 워를 구비한 경우의 모세관 현상을 시험하였다.

[0077] 시험 결과, 3D 프린팅 복합 격자 워의 경우 액체의 투과율(K)은 약 $132.0[10^{-10} \text{ m}^2]$ 이고, 종래의 워 구조의 경우에 제1스크린 메쉬(#100 screen mesh)의 투과율은 약 $2.40[10^{-10} \text{ m}^2]$ 이고, 제2스크린 메쉬(#400 screen mesh)의 투과율은 약 $0.789[10^{-10} \text{ m}^2]$ 로 나타났다.

[0078] 즉, 3D 프린팅 복합 격자 워의 경우 액체의 투과율(K)이 종래의 워 구조들보다 높은 것을 알 수 있다.

[0079] 또한, 3D 프린팅 복합 격자 워의 경우 질량 유량($\dot{m}$)은 약 $108.0[10^{-4} \text{ kg/s}]$ 이고, 종래의 워 구조의 경우에 제1 스크린 메쉬(#100 screen mesh)의 질량 유량($\dot{m}$)은 약 $1.56[10^{-4} \text{ kg/s}]$ 이고, 제2스크린 메쉬(#400 screen mesh)의 질량 유량($\dot{m}$)은 $0.16[10^{-4} \text{ kg/s}]$ 으로 나타났다.

[0080] 즉, 3D 프린팅 복합 격자 워의 경우 질량 유량($\dot{m}$)이 종래의 워 구조들보다 높은 것을 알 수 있다.

[0081] 따라서, 본 발명에 따른 3D 프린팅 복합 격자 워의 투과율(K)이 종래의 경우보다 크고, 이에 따라 3D 프린팅 복합 격자 워의 질량 유량($\dot{m}$)도 종래의 경우보다 큰 것을 알 수 있다.

[0082] 본 발명에 따른 3D 프린팅 복합 격자 워의 질량 유량($\dot{m}$)이 종래의 경우보다 크기 때문에, 본 발명에 따른 3D 프린팅 복합 격자 워의 열전달율(q)도 크다.

[0083] 따라서, 본 발명에 따르면 히트파이프의 열전달율이 향상될 수 있다.

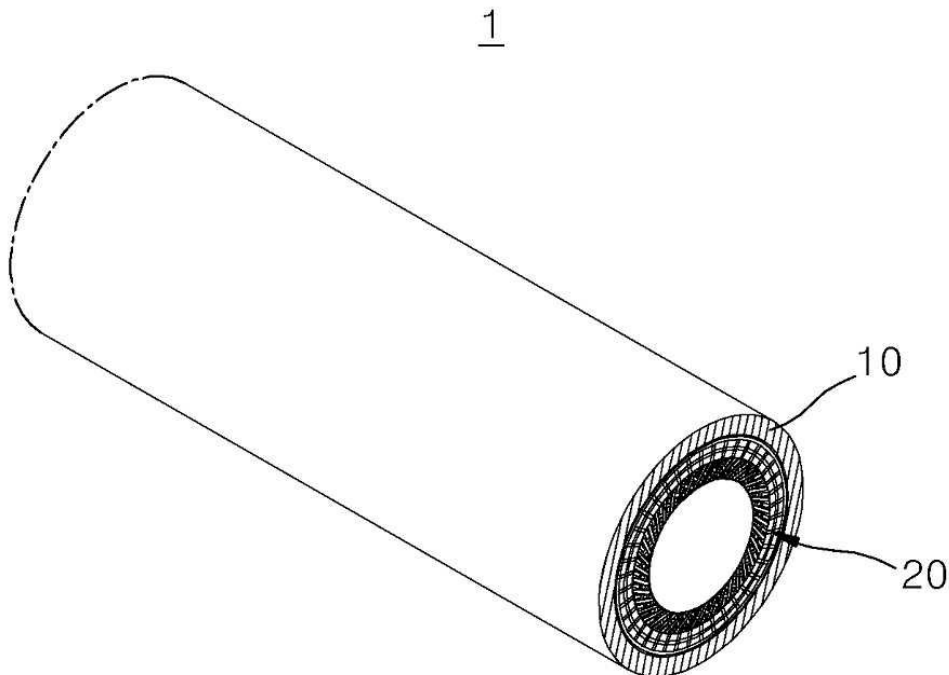
- [0084] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽을 포함한 히트 파이프의 모세관 펌핑력을 종래의 경우와 비교 도시한 그래프이다.
- [0085] 도 9를 참조하면, 3D 프린팅 복합 격자 벽의 경우 모세관 펌핑력이 종래의 벽 구조들보다 큰 것을 알 수 있다.
- [0086] 한편, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 복합 격자 구조의 모세관 벽의 표면 거칠기를 나타낸 SEM 사진이다.
- [0087] 도 10을 참조하면, 3D 프린팅을 이용하여 스테인리스 스틸 재질의 파우더를 이용하여 모세관 벽을 제작할 경우, SEM 사진에서 관찰되는 바와 같이 잔여 파우더들의 표면 거칠기가 발생하여, 표면의 습윤성(Wettability)를 향상시킴으로써 모세관 벽의 모세관력을 향상시키는 효과를 가져온다.
- [0089] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

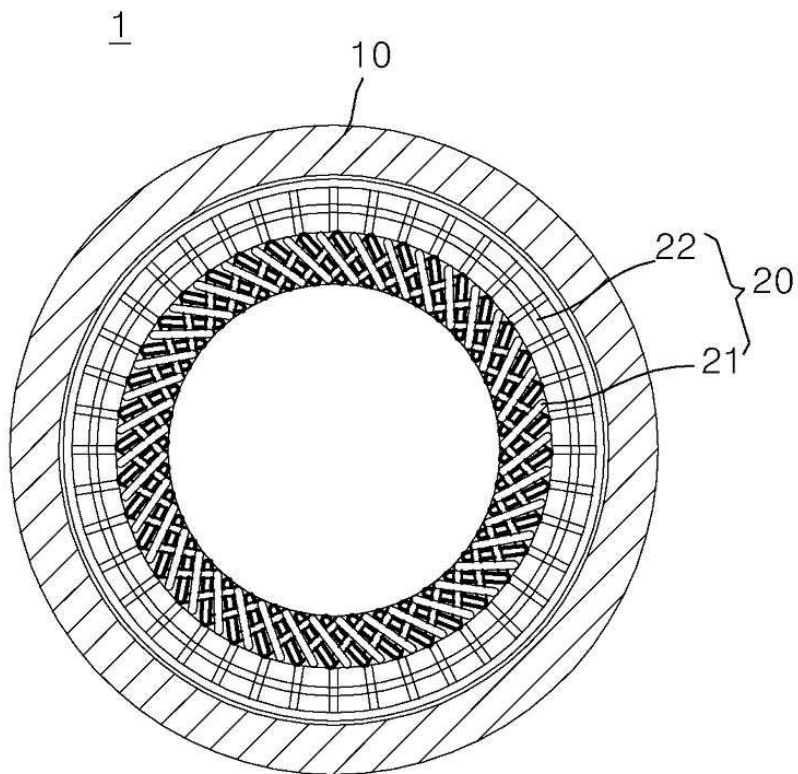
- [0090] 1: 히트 파이프 10: 파이프 본체
20: 모세관 벽 21: 이너 격자 레이어
22: 아우터 격자 레이어

도면

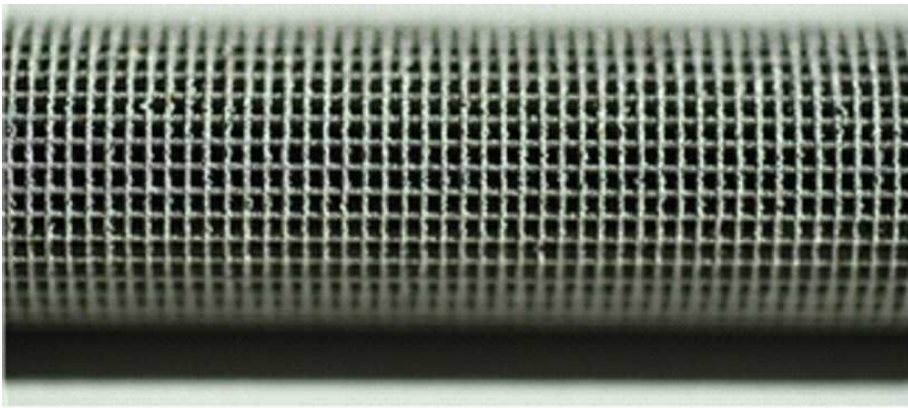
도면1



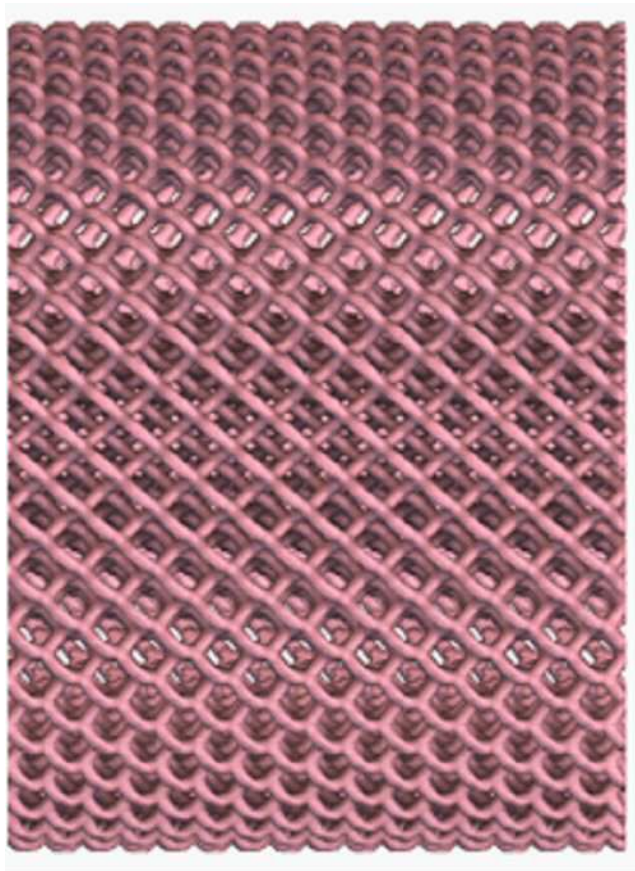
도면2



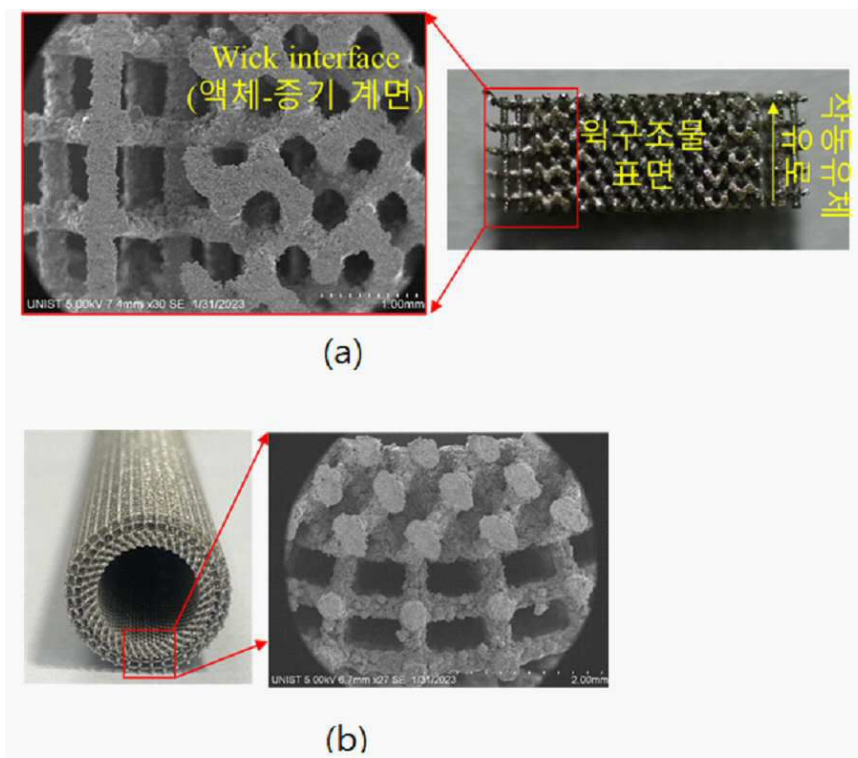
도면3



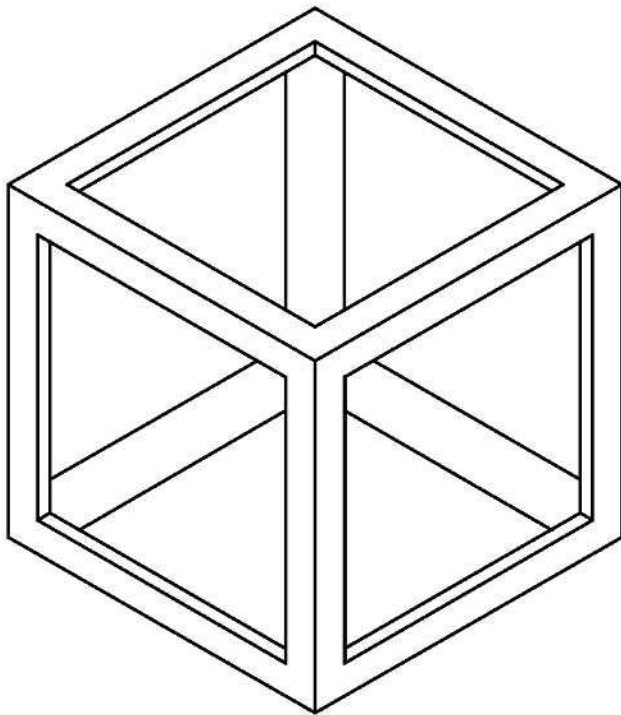
도면4



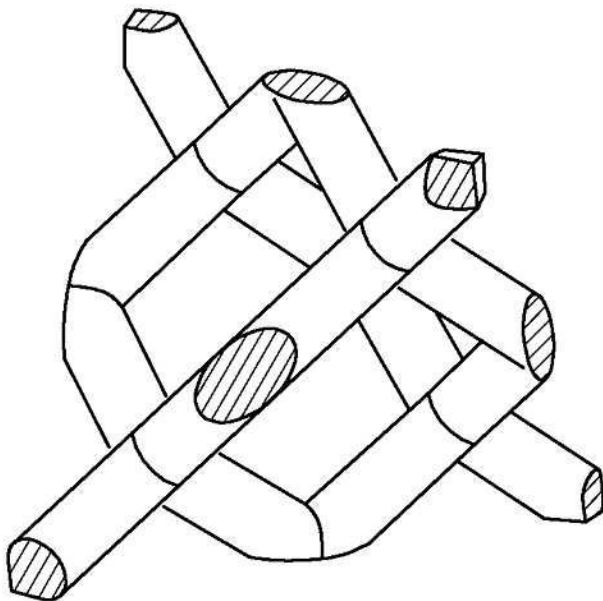
도면5



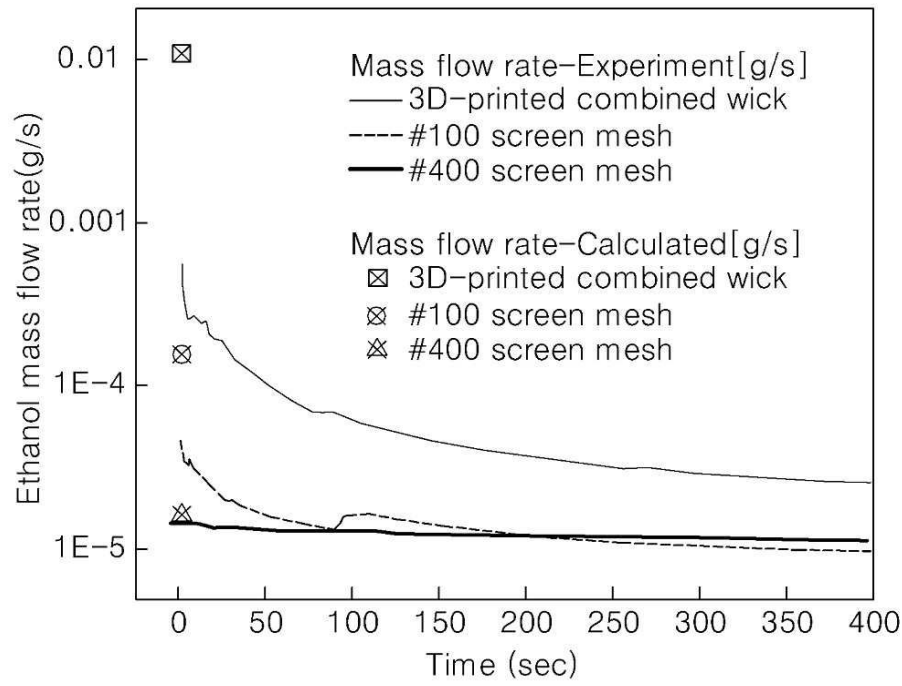
도면6



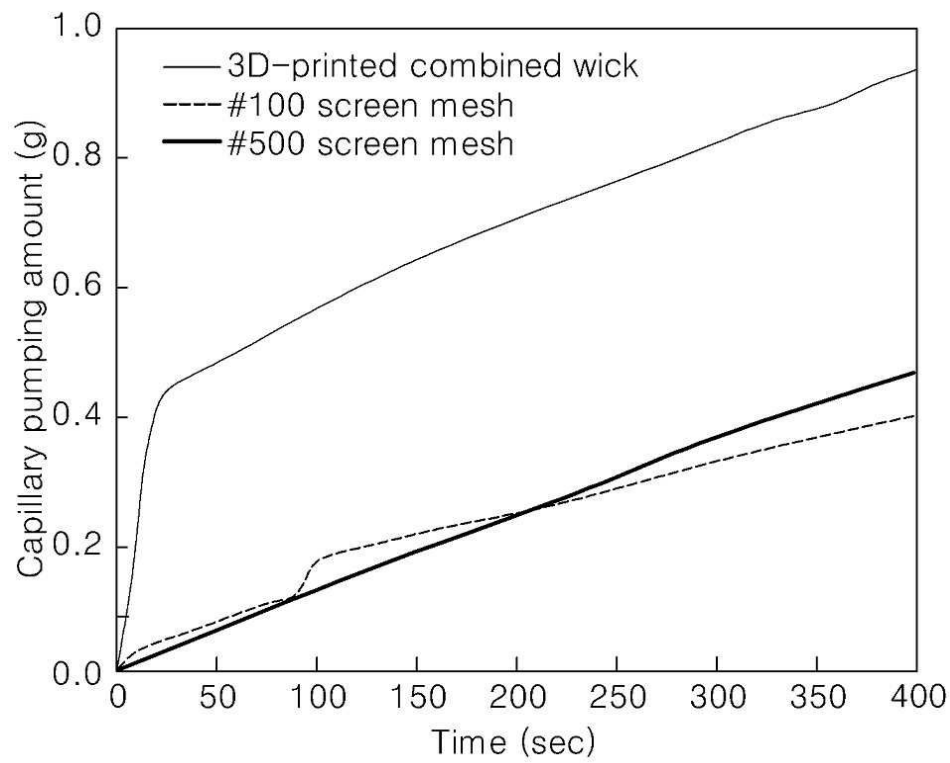
도면7



도면8



도면9



도면10

