



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월30일
(11) 등록번호 10-2572001
(24) 등록일자 2023년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 64/393 (2017.01) *B29C 64/106* (2017.01)
B29C 64/209 (2017.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01) *B33Y 50/02* (2015.01)
B33Y 70/00 (2020.01)
 (52) CPC특허분류
B29C 64/393 (2021.08)
B29C 64/106 (2021.08)
 (21) 출원번호 10-2021-0147908
 (22) 출원일자 2021년11월01일
 심사청구일자 2021년11월01일
 (65) 공개번호 10-2023-0063065
 (43) 공개일자 2023년05월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20190359929 A1

(73) 특허권자
주식회사 로켓헬스케어
 서울특별시 금천구 디지털로9길 32, 비동 1101호 (가산동, 감을그레이트벨리)
 (72) 발명자
유석환
 서울특별시 동작구 여의대방로44길 10, 103동 106호(대방동, 대림아파트)
 (74) 대리인
특허법인 티앤아이

전체 청구항 수 : 총 6 항

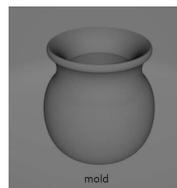
심사관 : 이태우

(54) 발명의 명칭 **출력 소재의 점도 및 표면장력을 고려한 3D 프린팅 제어 장치 및 방법**

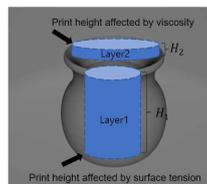
(57) 요약

본 명세서는 출력물의 품질을 향상시킬 수 있는 3D 프린팅 제어 장치 및 방법을 개시한다. 출력 소재의 점도 특성에 따라 최적의 채움 밀도를 설정하면 최소한의 출력 경로 설정이 가능하다. 출력 경로의 설정은 출력 소재의 점도가 토출된 후 퍼져나가는 특성을 고려하여 출력 경로의 폭이 설정될 수 있다. 출력 소재의 점도 특성은 토출된 2개의 방울이 만나는 시간을 측정하여 산출될 수 있다. 출력 소재의 표면장력 특성에 따라 최적의 채움 밀도를 설정하면 최소한의 출력 경로 설정이 가능하다. 출력 경로의 설정은 출력 소재의 표면장력에 따라 출력 소재가 토출된 후 퍼져나가는 특성을 고려하여 출력 경로의 폭이 설정될 수 있다. 출력 소재의 표면장력 특성은 토출된 방울의 반지름을 측정하여 산출될 수 있다.

대표도 - 도8



(a)



(b)

(52) CPC특허분류

B29C 64/209 (2017.08)

B33Y 10/00 (2013.01)

B33Y 30/00 (2013.01)

B33Y 50/02 (2013.01)

B33Y 70/00 (2023.05)

명세서

청구범위

청구항 1

디스펜서 니들 높이에 따른 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이(이하 '기준 높이') 이하인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하고, 상기 디스펜서 니들의 높이가 기준 높이 초과인 경우 니들을 통해 토출되는 액체의 속도와 니들의 이동 속도 비율(이하 '속도 비율')을 고려하여 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하는 프로세서;를 포함하되,

상기 출력 소재의 표면장력 특성은 물의 표면장력에 대한 출력 소재의 표면장력 비율이고,

상기 출력 소재의 점도 특성은 물의 점도에 대한 출력 소재의 점도 비율이며,

상기 프로세서는,

상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 이상인 경우 출력 소재의 점도 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하고, 상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 미만인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하고,

상기 기준 높이(TH_z)는 아래 수식에 의해 산출된 값인 3D 프린팅 제어 장치.

$$TH_z = \alpha_z \frac{D_N}{\mu_r}$$

TH_z : 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이, α_z : 계수, D_N : 니들 내경, μ_r : 출력 소재의 점도비

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 프로세서는 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 때, 아래 수식을 통해 상기 출력 라인의 폭(L_b)을 산출하는 것을 특징으로 하는 3D 프린팅 제어 장치.

$$T - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \beta \frac{2Hr_w V^2}{\sigma_r V_T}$$

$T - Density_{print}$: 표면장력을 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, H: 출력물의 높이, r_w : 물방울의 반지름, σ_r : 물과 출력하는 소재의 표면장력 비, V_T : 표면장력 측정을 위해 출력된 방울의 부피

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 프로세서는 출력 소재의 점도 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 때, 아래 수식을 통해 상기 출력 라인의 폭(LD)을 산출하는 것을 특징으로 하는 3D 프린팅 제어 장치.

$$V - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \alpha \frac{D_N \mu_r t_{fw}}{t_f h_n} \quad (t_f < t_{fmax})$$

$V - Density_{print}$: 점도를 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, t_{fmax} : 출력된 라인들이 만나는 최대 시간, μ_r : 물과 출력 소재의 점도 비, t_{fw} : 물이 서로 만날 때까지 걸린 시간, t_f : 출력시 방울이 붙는데 걸리는 시간, h_n : 출력시 니들 높이, α : 계수

청구항 10

삭제

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 출력 소재의 표면장력 비율은 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어진 상태에서 토출된 후 형성된 원 모양 방울의 반지름 값을 이용하여 산출된 것인 3D 프린팅 제어 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 출력 소재의 점도 비율은 2개의 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어져 미리 설정된 간격을 유지한 상태에서 토출된 후 2개의 방울이 만나는 시간 값을 이용하여 산출된 것인 3D 프린팅 제어 장치.

청구항 14

청구항 1에 있어서,

상기 프로세서는, 아래 수식에 따라 압출 길이를 더 설정하는 것을 특징으로 하는 3D 프린팅 제어 장치.

$$E_{disp} = \frac{4 V_{total}}{\pi D_{disp}^2}$$

V_{total} : 출력물의 부피, D_{disp} : 디스펜서 내경, E_{disp} : 압출 길이

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3D 프린팅에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 3D 프린팅(3D printing) 기술의 응용 및 발전 분야인 3D 바이오프린팅(bioprinting)은 3D 프린트 기술을 기반으로 하여, 콜라겐과 같은 세포외기질(Extracellular Matrix: 이하 ECM) 또는 이를 모방한 바이오 잉크(bio-ink)를 세포 및 다른 바이오 물질(biomaterials)와 결합하여 원하는 형태를 만드는 기술이다. 현재 3D 바이오프린팅은 원하는 목적과 생물학적 환경에 맞추어 다양한 방법이 개발되고 있으며, 이와 더불어 다양한 바이오 잉크 역시 연구되고 있다.

[0003] 도 1은 종래 기술에 따른 3D 프린팅의 일 예시이다.

[0004] 도 1을 참조하면, 출력 소재가 액체인 경우 고체 상태인 3D 그물망 구조의 골격(scaffold)을 구성하고, 액체 상태의 출력 소재(예: 바이오 잉크(bioink))를 적층한다. 이때, 골격(scaffold)의 소재는 자연 분해되는 소재로서, 출력 이후 시간이 지남에 따라 자연 분해되는 방식으로 3D 프린팅이 진행된다.

[0005] 이러한 종래 방식에 따른 3D 프린팅의 경우, 출력 소재 및 조형하고자 하는 3D 형상에 따라 최적 조건으로 출력 변수를 설정해야만 원하는 형상을 제작할 수 있다. 출력 소재인 액체의 종류가 변경되거나 또는 동일한 액체라 하여도 혼합 비율이 변경되는 경우, 액체의 고유 성질인 표면장력과 점도가 변하여 출력품질에 영향을 줄 수 있다.

[0006] 따라서, 출력 소재가 바뀔 때 마다 새로운 소재에 대해 최적 조건을 갖도록 출력 설정을 찾는 것은 많은 시간과 비용 투자가 필요하게 된다. 나아가, 출력 소재에 따라 적합한 3D 프린팅의 출력 설정 값을 여러 번의 시행착오를 거쳐 찾아야 함으로 비용과 시간이 많이 소모되는 문제가 있다. 또한 이러한 방식은 출력물의 표면 품질을 향상시키기 위해 여러 레이어(layer)로 적층하여 3D 형상을 제작함으로써 출력시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 10-1828345 (2018.02.06)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 명세서는 출력물의 품질을 향상시킬 수 있는 3D 프린팅 제어 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 본 명세서는 상기 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 3D 프린팅 제어 장치는, 출력 소재가 토출되는 디스펜서 니들의 높이에 따라서 출력 소재의 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하는 프로세서;를 포함할 수 있다.

[0011] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 니들 높이에 따른 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이(이하 '기준 높이')보다 상기 디스펜서 니들의 높고 낮음에 따라 출력 소재의 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다.

[0012] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 기준 높이(TH_z)는, 아래 수식에 의해 산출될 수 있다.

[0013]
$$TH_z = \alpha_z \frac{D_N}{\mu_r}$$

[0014] TH_z : 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이, α_z : 계수, D_N : 니들 내경, μ_r : 출력 소재의 점도비

[0015] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 상기 디스펜서 니들의 높이가 기준 높이 이하인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다.

[0016] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 아래 수식을 통해 상기 출력 라인의 폭(L_D)을 산출할 수 있다.

$$[0017] \quad T - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \beta \frac{2Hr_w V^2}{\sigma_r V_T}$$

[0018] $T - Density_{print}$: 표면장력을 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, H: 출력물의 높이, r_w : 물방울의 반지름, σ_r : 물과 출력하는 소재의 표면장력 비, V_T : 표면장력 측정을 위해 출력된 방울의 부피

[0019] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 상기 디스펜서 니들의 높이가 기준 높이 초과인 경우 니들을 통해 토출되는 액체의 속도와 니들의 이동 속도 비율(이하 '속도 비율')을 고려하여 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다.

[0020] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 이상인 경우 출력 소재의 점도 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하고, 상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 미만인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다.

[0021] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 때, 아래 수식을 통해 상기 출력 라인의 폭(L_D)을 산출할 수 있다.

$$[0022] \quad T - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \beta \frac{2Hr_w V^2}{\sigma_r V_T}$$

[0023] $T - Density_{print}$: 표면장력을 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, H: 출력물의 높이, r_w : 물방울의 반지름, σ_r : 물과 출력하는 소재의 표면장력 비, V_T : 표면장력 측정을 위해 출력된 방울의 부피

[0024] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는 출력 소재의 점도 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 때, 아래 수식을 통해 상기 출력 라인의 폭(LD)을 산출할 수 있다.

$$[0025] \quad V - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \alpha \frac{D_N \mu_r t_{fw}}{t_f h_n} \quad (t_f < t_{f_{max}})$$

[0026] $V - Density_{print}$: 점도를 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, $t_{f_{max}}$: 출력된 라인들이 만나는 최대 시간, μ_r : 물과 출력 소재의 점도 비, t_{fw} : 물이 서로 만날 때까지 걸린 시간, t_f : 출력시 방울이 붙는데 걸리는 시간, h_n : 출력시 니들 높이, α : 계수

[0027] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 출력 소재의 표면장력 특성은 물의 표면장력에 대한 출력 소재의 표면장력 비율일 수 있다.

[0028] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 출력 소재의 표면장력 비율은 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어진 상태에서 토출된 후 형성된 원 모양 방울의 반지름 값을 이용하여 산출된 것일 수 있다.

[0029] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 출력 소재의 점도 특성은 물의 점도에 대한 출력 소재의 점도 비율일 수 있다.

[0030] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 출력 소재의 점도 비율은 2개의 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어져 미리 설정된 간격을 유지한 상태에서 토출된 후 2개의 방울이 만나는 시간 값을 이용하여 산출된 것일 수 있다.

[0031] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 프로세서는, 아래 수식에 따라 압출 길이를 더 설정할 수 있다.

$$E_{disp} = \frac{4 V_{total}}{\pi D_{disp}^2}$$

[0032] V_{total} : 출력물의 부피, D_{disp} : 디스펜서 내경, E_{disp} : 압출 길이

[0033] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0035] 본 명세서의 일 측면에 따르면, 출력 소재가 액체 혼합물인 경우 출력물의 품질을 향상시킬 수 있도록 적합한 출력 설정을 생성할 수 있다.

[0036] 본 명세서의 다른 측면에 따르면, 액체 혼합물을 출력할 때, 출력물 채움 밀도와 속도를 최적으로 설정하여 최소의 레이어로 최단시간에 출력을 완료할 수 있다.

[0037] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 종래 기술에 따른 3D 프린팅의 일 예시이다.

도 2는 채움 밀도에 대한 이해를 돕기 위한 참고도이다.

도 3은 본 명세서에 따라 출력 소재의 점도를 찾는 방법의 개략적인 흐름도이다.

도 4는 2개의 방울이 토출된 후 만나는 과정에 대한 참고도이다.

도 5는 2개의 출력 라인을 따라 출력된 소재가 퍼지면서 공간을 채우는 과정에 대한 참고도이다.

도 6은 본 명세서에 따라 출력 소재의 표면장력을 찾는 방법의 개략적인 흐름도이다.

도 7는 표면장력에 대한 이해를 돕기 위한 참고도이다.

도 8은 출력 형상의 예시에 대한 참고 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 본 명세서에 개시된 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 명세서가 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 명세서의 개시가 완전하도록 하고, 본 명세서가 속하는 기술 분야의 통상의 기술자(이하 '당업자')에게 본 명세서의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 명세서의 권리 범위는 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 명세서의 권리 범위를 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0041] 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0042] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

[0044] 액체 소재를 이용한 3D 프린팅에서, 액체 소재의 특성 및 출력 높이에 따라서 결과물이 달라질 수 있다. 액체 소재가 토출되는 디스펜서 니들(dispenser needle)이 바닥면과 근접하여 출력하는 경우 출력되는 액체 소재의 거동은 액체 소재의 표면장력에 지배적인 영향을 받을 것이며, 바닥면과 거리를 두고 출력하는 경우 출력되는 액체 소재의 거동은 액체 소재의 점도에 지배적인 영향을 받을 것이다. 예를 들어, 점도가 높은 액체 소재를 낮은 채움 밀도로 출력하면, 출력된 액체의 퍼짐이 부족하여 디스펜서 니들이 이동한 경로(출력 라인) 사이에서 빈 공간이 발생할 수 있다. 또한, 디스펜서 니들의 이동 속도가 출력된 액체 소재 사이의 빈 공간을 채워주는 속도보다 빠를 경우 최종 출력물 내부에 버블 형태의 공간이 발생하여, 출력물의 두께가 두꺼워지는 현상이 발생할 수 있다. 따라서, 출력 소재의 특성에 따라 최적화된 디스펜스 니들의 높이, 출력 속도 및/또는 출력 경로의 설정이 필요하다.

[0045] 참고로, 본 명세서에서 "디스펜서 니들(dispenser needle)"이란, 3D 프린터에 포함된 부품으로서, 출력 소재인 액체가 최종적으로 밖으로 토출되는 곳이다. 일반적으로, 3D 프린팅은 디스펜서 니들이 지그-재그 방식으로 이동하면서 소재를 출력한다. 이때, 니들이 이동한 경로(출력 라인) 사이의 간격은 채움 밀도에 따라 달라질 수 있다. 본 명세서에서 "채움 밀도(Density_{print})"란, 니들의 안쪽 직경에 대한 출력 라인 간격의 비율이다. 이를 수학적식으로 표현하면 아래와 같다.

수학적식 1

[0047]
$$Density_{print} = \frac{D_N}{L_D}$$

[0048] *Density_{print}* : 출력물 채움 밀도

[0049] *D_N* : 니들 내경

[0050] *L_D* : 출력 라인 간격

[0052] 도 2는 채움 밀도에 대한 이해를 돕기 위한 참고도이다.

[0053] 도 2를 참조하면, 같은 모양을 출력하는 경우 출력 밀도에 따라 출력 라인의 간격이 다른 예시가 도시되어 있다. 출력 소재의 퍼지는 성질이 높은 경우, 도 2의 (a)와 같이, 출력 밀도를 낮추어(즉, 출력 라인의 간격을 넓혀서) 출력 라인의 전체 길이를 줄일 수 있다. 반면, 출력 소재의 퍼지는 성질이 낮은 경우, 도 2의 (b)와 같이, 출력 밀도를 높여서(즉, 출력 라인의 간격을 좁혀서) 출력 라인의 전체 길이가 증가할 수 있다. 따라서, 출력 소재의 특성에 따라 출력 밀도를 적절하게 설정하면, 최소의 출력 라인으로 원하는 형상을 출력할 수 있으며, 출력 시간도 줄일 수 있다. 본 명세서에서는 출력 소재의 특성 중 점도(viscosity) 및 표면장력(surface tension)을 고려한 최적의 출력 설정을 찾는 방법을 설명하겠다.

[0055] <출력 소재의 점도를 고려한 출력 라인의 간격 관계식>

[0056] 먼저, 출력 소재의 특성 중 하나인 출력 소재의 점도를 찾는 방법을 설명한다. 출력 소재의 점도에 대한 정보를 미리 알고 있는 경우, 본 과정은 생략될 수 있다. 본 명세서에서 출력되는 액체 소재는 비압축성 뉴턴유체로 가정한다.

[0057] 도 3은 본 명세서에 따라 출력 소재의 점도를 찾는 방법의 개략적인 흐름도이다.

[0058] 도 3을 참조하면, 단계 S10에서 프로세서가 2개의 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어져 미리 설정된 간격을 유지한 상태가 되도록 제어한다. 출력 소재가 출력될 때, 액체의 퍼짐 정도는 주변 온도, 압력, 바닥면의 재질 및 기하학적 형상에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 출력 소재의 점도를 측정할 때, 주변 온도와 압력, 바닥면의 재질과 기하학적 형상은 고정된 것으로 가정한다. 바람직하게, 상기 온도, 압력, 바닥면의 재질 및 형상은 출력하고자 하는 환경과 동일하다. 또한, 출력 소재가 바뀌어도 상기 니들과 바닥면 사이의 거리와 상기 2개의 니들 사이의 간격은 항상 일정한 것이 바람직하다.

[0059] 다음 단계 S11에서 프로세서가 2개의 디스펜서 니들에서 미리 설정된 양의 출력 소재가 동시에 토출되도록 제어한다. 이때, 2개의 니들에서 토출된 두 액체 방울들이 간직한 에너지로 인해 사방으로 퍼지면서 서로 만나게 된다.

- [0060] 다음 단계 S12에서 프로세서가 2개의 방울이 만나는 시간 값을 이용하여 출력 소재의 점도 값을 산출할 수 있다.
- [0061] 도 4는 2개의 방울이 토출된 후 만나는 과정에 대한 참고도이다.
- [0062] 도 4의 (a)는 출력 소재가 토출된 직후(t_0)이다. 2개의 니들 사이의 간격(L_{DT})으로 2개의 방울(Liquid)이 바닥면(Solid)에 떨어진 것을 확인할 수 있다. 이후 시간이 지나면 도 4의 (b)와 같이, 2개의 방울이 만나게 된다. 토출된 후 2개의 방울이 만나는데 까지 걸린 시간(t_f)는 출력 소재의 점도에 따라 비례한다.
- [0063] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 2개의 방울이 만나는 소요된 시간은 직접 입력될 수 있다. 예를 들어, 사람이 스톱워치를 이용하여 2개의 방울이 만나는 시간을 측정하고, 직접 그 시간 값을 입력하는 방법이다.
- [0064] 본 명세서의 다른 실시예에 따르면, 카메라를 이용하여 시간을 측정할 수 있다. 카메라를 상기 2개의 방울을 촬영하도록 설치한다. 바람직하게, 상기 카메라는 상기 토출된 2개의 방울을 수직 상방에서 촬영하도록 설치될 수 있다. 그리고 상기 프로세서는 앞서 단계 S12를 실행할 때 시작 시간 " t_0 "으로 설정하고, 상기 카메라는 2개의 방울이 퍼지면서 만나게 될 때까지 연속적으로 이미지를 출력할 수 있다. 상기 프로세서는 상기 카메라에서 출력된 이미지를 분석하여 2개의 방울이 만나는 시점(t_f)을 판단할 수 있다.
- [0065] 한편, 본 명세서에서 출력 소재의 점도는 물방울의 점도를 기준으로 하여 상대적인 비율값으로 점도 값으로 산출될 수 있다. 즉, 출력 소재의 상대 점도 값은 물방울을 기준으로 한 시간과의 비율(μ_r)을 이용하여 계산할 수 있다. 두 방울이 만나는 시간은 방울 간의 간격(L_{DT})에 비례하고 니들의 높이($\frac{h}{nT}$)에 반비례한다. 따라서, 이들의 관계를 아래 수학적 식 2와 같이 표현할 수 있다.

수학적 식 2

[0067]
$$\mu_r = \frac{\mu_T}{\mu_w} \cong \frac{t_{fT}}{t_{fw}}$$

[0068]
$$t_{fT} = \alpha \frac{\mu_r t_{fw} L_{DT}}{\frac{h}{nT}}$$

[0069]
$$L_{DT} = 1/\alpha \frac{t_{fT} \frac{h}{nT}}{\mu_r t_{fw}}$$

[0070] μ_r : 물과 출력 소재의 점도 비

[0071] μ_T : 출력 소재의 점도

[0072] μ_w : 물의 점도

[0073] t_{fT} : 테스트 할 때 출력 소재가 서로 만날 때까지 걸린 시간

[0074] t_{fw} : 물이 서로 만날 때까지 걸린 시간

[0075] t_0 : 방울이 떨어진 시간

[0076] L_{DT} : 테스트 할 때 2개의 니들 간격

[0077] $\frac{h}{nT}$: 테스트 할 때 니들 높이

[0078] α : 계수

[0080] 한편, 점도 측정을 위한 테스트가 아닌 실제 출력을 할 때에는 미리 설정된 니들의 높이와 다른 니들 높이(\dot{h}_n)와 출력 라인간 간격(L_D)을 사용할 수 있다. 이때, 출력된 방울이 퍼지며 만나는 시간(t_f)은 아래의 수학적 3의 관계로 나타낼 수 있다.

수학적 3

[0082]
$$t_f = t_{fT} \frac{L_D/L_{DT}}{\dot{h}_n/\dot{h}_{nT}}$$

[0083]
$$L_D = \frac{t_f}{t_{fT}} \frac{\dot{h}_n}{\dot{h}_{nT}} L_{DT} = 1/\alpha \frac{t_f \dot{h}_n}{\mu_r t_{fw}}$$

[0084] t_f : 출력시 방울이 붙는데 걸리는 시간

[0085] L_D : 출력 라인의 간격

[0086] \dot{h}_n : 출력시 니들 높이

[0088] 이하에서는 출력 소재의 점도 특성을 고려하여 최적의 출력 설정을 결정하는 방법에 대해서 설명하겠다. 출력 소재의 점도가 많은 영향을 미치는 환경 예를 들어, 디스펜서 니들의 높이가 상대적으로 높은 경우 점도를 고려한 채움 밀도($V - Density_{print}$)는 점도에 비례한다. 이 경우, 출력 소재의 경화 속도가 출력 속도 보다 느리고

출력 소재의 점도에 따른 출력물의 퍼짐 속도($\frac{\Delta W}{\Delta t}$)가 출력 속도 보다 빠른 것을 전제로 한다.

[0089] 도 5는 2개의 출력 라인을 따라 출력된 소재가 퍼지면서 공간을 채우는 과정에 대한 참고도이다.

[0090] 도 5의 (a)는 출력 직후의 모습이고, 도 5의 (b)는 출력 소재가 퍼지는 모습이며, 도 5의 (c)는 출력 소재가 서로 만나서 공간을 채운 모습이다. 먼저 도 5의 (a)를 참조하면, 아래 수학적 4과 같은 관계식이 도출될 수 있다.

수학적 4

[0092]
$$W_0 = D_N = L_D - Gap_0$$

[0093] W_0 : 출력 직후 출력 라인 폭

[0094] D_N : 니들 내경

[0095] \dot{h}_0 : 출력 라인의 높이

[0096] L_D : 출력 라인 간격

[0097] Gap_0 : 출력 라인 사이의 빈 공간의 거리

[0099] 그리고 도 5의 (b) 및 (c)를 참조하면, 아래 수학적 5와 같은 관계식이 도출될 수 있다.

수학적 5

[0101]
$$W_t = L_D - Gap_t = D_N + Gap_0 - Gap_t$$

[0102] $W_{tf} = L_D - Gap_{tf} = D_N + Gap_0 - Gap_{tf} = D_N + Gap_0$

[0103] $\Delta W_{tf} = W_{tf} - W_0 = L_D - D_N$

[0104] w_t : t시간이 흐른 후 출력 라인 폭

[0105] h_t : t시간이 흐른 후 출력 라인의 높이

[0106] Gap_t : t시간이 흐른 후 출력 라인 사이의 빈 공간의 거리

[0107] W_{tf} : 출력 라인이 만나기 직전의 폭

[0108] Gap_{tf} : 두 라인이 만나기 직전 빈 공간의 거리(값은 0)

[0109] ΔW_{tf} : 두 라인이 만나기 직전까지 폭의 변화량

[0111] 점도를 고려한 채움 밀도($V - Density_{print}$)는 점도에 비례하므로, 이를 수학식으로 표현하면 아래의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0112] $V - Density_{print} \propto \mu = \mu_r \mu_w$

[0113] $L_D = 1/\alpha \frac{t_f h_n}{\mu_r t_{fw}} (L_{Dmax} \geq L_D)$

[0114] $V - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \alpha \frac{D_N \mu_r t_{fw}}{t_f h_n} (t_f < t_{fmax})$

[0115] $V - Density_{print}$: 점도를 고려한 출력물 채움 밀도

[0116] L_{Dmax} : 출력 라인간 최대 간격

[0117] t_{fmax} : 출력된 라인들이 만나는 최대 시간

[0119] 상기 수학식 6에 출력 소재의 점도비 값을 입력하여 산출된 낮은 점도를 고려한 채움 밀도($V - Density_{print}$)로 출력이 가능하다. 이때 출력 라인간 간격(L_D)은 출력 속도를 고려하여 최대 경계 값인 L_{Dmax} 이하로 설정하여 $L_{Dmax} \geq L_D$ 조건을 만족하도록 한다. 상기 최대 경계 값(L_{Dmax})은 출력된 라인들이 만나는 최대 시간(t_{fmax}) 동안 출력된 라인이 양 옆으로 퍼지는 폭을 나타내며, 수학식 3으로부터 유도될 수 있다.

[0120] 한편, 도 5에는 이해의 편의를 위해 2개의 출력 라인이 동시에 생성된 것을 가정하였으나, 상기 출력 라인이 반드시 동시에 생성될 필요는 없다. 니들이 한 개인 경우, 2개의 출력 라인은 시간 차이를 가지고 생성될 수 있다. 따라서, 본 명세서에 설명된 방법은 출력 라인의 생성 시점에 따라 제한되지 않는다.

[0123] <출력 소재의 표면장력을 고려한 출력 라인의 간격 관계식>

[0124] 다음으로, 본 명세서에서는 출력 소재의 특성 중 하나인 출력 소재의 표면장력(surface tension)를 고려한 최적의 출력 설정을 찾는 방법을 설명하겠다. 먼저, 출력 소재의 특성 중 하나인 출력 소재의 표면장력을 찾는 방법을 설명한다. 출력 소재의 표면장력에 대한 정보를 미리 알고 있는 경우, 본 과정은 생략될 수 있다. 본 명세서에서 출력되는 액체 소재는 비압축성 뉴턴유체로 가정한다.

[0125] 도 6은 본 명세서에 따라 출력 소재의 표면장력을 찾는 방법의 개략적인 흐름도이다.

- [0126] 도 6을 참조하면, 단계 S20에서 프로세서가 디스펜서 니들이 바닥면으로부터 미리 설정된 거리만큼 떨어진 상태가 되도록 제어한다. 출력 소재가 출력될 때, 액체의 퍼짐 정도는 주변 온도, 압력, 바닥면의 재질 및 기하학적 형상에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 출력 소재의 표면장력을 측정할 때, 주변 온도와 압력, 바닥면의 재질과 기하학적 형상은 고정된 것으로 가정한다. 바람직하게, 상기 온도, 압력, 바닥면의 재질 및 형상은 출력하고자 하는 환경과 동일하다. 또한, 출력 소재가 바뀌어도 상기 니들과 바닥면 사이의 거리는 항상 일정한 것이 바람직하다.
- [0127] 다음 단계 S21에서 프로세서가 디스펜서 니들에서 미리 설정된 양의 출력 소재가 토출되도록 제어한다. 이때, 토출된 액체 소재는 퍼져서 원 모양을 형성하게 되며, 액체 소재의 표면장력에 의해 접촉각과 반지름에 차이가 발생하게 된다.
- [0128] 다음 단계 S22에서 형성된 원의 반지름 값을 이용하여 출력 소재의 표면장력 값을 산출할 수 있다.
- [0129] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 출력 소재가 토출되어 형성된 원(방울)의 반지름은 직접 측정될 수 있다. 예를 들어, 사람이 자를 이용하여 방울의 반지름을 측정하고, 직접 그 반지름 값을 입력하는 방법이다.
- [0130] 본 명세서의 다른 실시예에 따르면, 카메라를 이용하여 상기 출력 소재가 토출되어 형성된 원(방울)의 반지름을 측정할 수 있다. 카메라를 상기 방울을 촬영하도록 설치한다. 바람직하게, 상기 카메라는 상기 토출된 방울을 수직 상방에서 촬영하도록 설치될 수 있다. 그리고 상기 프로세서는 상기 카메라에서 출력된 이미지를 분석하여 방울의 반지름을 산출할 수 있다.
- [0131] 도 7는 표면장력에 대한 이해를 돕기 위한 참고도이다.
- [0132] 도 7를 참조하면, 액체의 외부와 내부 압력차이(ΔP)는 표면장력(σ)에 비례하고 방울의 반지름(r)에 반비례하는 관계이다. 이러한 관계를 영-라플라스 방정식(Young-Laplace Equation)을 이용하여 표현하면 아래 수학적 7와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 7

[0134]
$$\Delta P = P_L - P_V = \frac{2\sigma}{r}$$

[0135]
$$Y_{SV} = Y_{SL} + Y_{LV} \cos\theta$$

[0136] Y_{SV}, Y_{SL}, Y_{LV} : 고체-기체, 고체-액체, 액체-기체간 접촉면의 단위길이당 힘

[0137] θ : 접촉각

[0138] σ : 표면장력

[0139] P_L : 액체 내부 압력

[0140] P_V : 기체 압력

[0142] 상기 수학적 7에서 접촉각을 무시하고, 측정된 출력 소재의 반지름만을 이용하여 정리하면, 아래 수학적 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 8

[0144]
$$\sigma_T 2\pi r_T = \rho g V_T$$

[0145]
$$\sigma_T = \frac{\rho g V_T}{2\pi r_T}$$

[0146] ρ : 소재의 밀도

[0147] σ_T : 출력된 소재의 표면장력

[0148] V_T : 표면장력 측정을 위해 출력된 방울의 부피

[0149] g : 중력가속도

[0151] 그리고 출력 소재의 반지름 비(σ_r)는 물방울을 기준으로 상기 수학적 식 8을 정리하여 아래 수학적 식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 9

[0153]
$$\sigma_r = \frac{\sigma_T}{\sigma_w} = \frac{\frac{\rho}{r_T}}{\frac{\rho_w}{r_w}} = \beta \frac{r_w}{r_T}$$

[0154] $r_T = \beta r_w / \sigma_r$

[0155] σ_r : 물과 출력하는 소재의 표면장력 비

[0156] r_T : 출력 소재 방울의 반지름

[0157] r_w : 물방울의 반지름

[0158] β : 계수

[0160] 상기 수학적 식 9에서 물방울의 양은 출력 소재 방울의 양과 동일한 것을 전제로 한다. 출력 소재의 표면장력을 측정할 때에는 미리 설정된 양을 토출하지만, 출력 소재를 이용한 실제 3D 프린팅을 할 때에는 다양한 속도와 압출량으로 토출할 수 있다. 따라서, 실제 토출되는 양이 "V"일 때, 출력 소재가 퍼지는 반지름(r)은 아래 수학적 식 10와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 10

[0162]
$$r = r_T \frac{V}{V_T} = \beta \frac{r_w V}{\sigma_r V_T}$$

[0163] r : 단위 출력 길이당 출력 소재 방울 반지름

[0164] V : 단위 출력 길이당 출력 소재 방울의 부피

[0166] 이하에서는 출력 소재의 표면장력 특성을 고려하여 최적의 출력 설정을 결정하는 방법에 대해서 설명하겠다. 출력 소재의 표면장력이 많은 영향을 미치는 환경 예를 들어, 디스펜서 니들의 높이가 상대적으로 낮은 경우 표면장력을 고려한 채움 밀도($T - Density_{print}$)는 표면장력에 비례한다. 따라서, 표면장력이 작은 소재로 출력하는 경우 채움 밀도를 낮추어 출력할 수 있고, 표면장력이 높은 소재로 출력하는 경우 채움 밀도를 높여서 출력할 수 있다. 이 경우, 출력 소재의 경화 속도가 출력 속도 보다 느리고 출력 소재의 표면장력에 따른 출력물의 퍼짐 속도($\frac{\Delta W}{\Delta t}$)가 출력 속도 보다 빠른 것을 전제로 한다. 표면장력 비와 채움 밀도에 대한 관계식은 아래 수학적 식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$T - Density_{print} = \frac{2rL_{p_{total}}}{A_{eq}} = \frac{2rHL_{p_{total}}}{V_{total}} = \beta \frac{2Hr_w V^2}{\sigma_r V_T}$$

$$V_{total} = VL_{p_{total}}$$

r : 단위 출력 길이당 물방울 반지름

V : 단위 출력 길이당 물방울의 부피

T - Density_{print} : 표면장력을 고려한 출력물 채움 밀도

V_{total} : 출력물의 부피

H : 출력물의 높이

L_{p_{total}} : 출력 경로 총 길이

상기 수학식 11과 수학식 1의 관계에서 니들 내경(D_N)은 실제 출력 환경에서 하드웨어에 의해 결정되는데, 출력 소재의 표면장력 특성을 고려하여 적절한 출력 라인 간격(L_D)을 설정할 수 있다. 이때 출력 라인간 간격(L_D)은 출력 속도를 고려하여 최대 경계 값인 L_{D_{max}} 이하로 설정하여 L_{D_{max}} ≥ L_D 조건을 만족하도록 한다. 상기 최대 경계 값(L_{D_{max}})은 출력된 라인들이 만나는 최대 시간(t_{r_{max}}) 동안 출력된 라인이 양 옆으로 퍼지는 폭을 나타내며, 수학식 3로부터 유도될 수 있다.

<출력 환경에 따른 출력 라인의 간격과 관련된 관계식 선택>

앞서, 출력 소재의 점도와 관련된 관계식 및 표면장력과 관련된 관계식을 살펴보았다. 최단 시간 출력을 위해, 출력 형상에 따라 출력 레이어(layer)를 결정하고, 각 레이어마다 최소한의 출력 경로를 최적으로 설정해야 한다. 앞서 설명하였듯이, 액체 소재가 토출되는 디스펜서 니들(dispenser needle)이 바닥면과 근접하여 출력하는 경우 출력되는 액체 소재의 거동은 액체 소재의 표면장력에 지배적인 영향을 받을 것이며, 바닥면과 거리를 두고 출력하는 경우 출력되는 액체 소재의 거동은 액체 소재의 점도에 지배적인 영향을 받을 것이다. 따라서, 니들과 바닥면 사이의 거리에 따라 어느 관계식을 사용해야 할 지 먼저 결정될 수 있다. 이때, 니들과 바닥면 사이의 거리는 출력하고자 하는 형상에 따라 다양해질 수 있다.

도 8은 출력 형상의 예시에 대한 참고 이미지이다.

도 8의 (a)를 참조하면, 항아리 모양의 몰드(mold)를 확인할 수 있다. 상기 항아리 모양의 몰드는 내부가 빈 상태로, 내부에 액체 소재가 출력될 수 있다. 이때 항아리 모양은 크게 두 부분으로 나누어질 수 있다. 바닥에서부터 잘룩한 부분까지는 항아리의 몸통에 해당하며, 몸통은 측면에 비해서 높이(H1)가 높은 형상이다. 그리고 항아리의 주둥에 해당하는 윗 부분은 측면에 비해서 높이(H2)가 낮은 형상이다. 이러한 형상을 출력할 때 몸통은 출력 소재가 퍼지는 특성보다 높이 쌓아지도록 특성 즉, 출력 소재의 표면장력에 지배적인 영향을 받도록 니들의 높이를 상대적으로 낮게 설정하는 것이 바람직하다. 그리고 주둥이는 출력 소재의 퍼지는 특성 즉, 출력 소재의 점도에 지배적인 영향을 받도록 니들의 높이를 상대적으로 높게 설정하는 것이 바람직하다. 이와 같은 상태가 도 8의 (b)에 도시되어 있다. 상기 니들의 높이는 바닥면 또는 앞서 출력된 층(layer)으로부터 거리를 의미한다. 한편, 도 8의 예시를 고려한 이하의 설명에서는 출력 형상에 따라 임의로 출력 높이를 설정하는 경우를 가정하지만, 출력 형상을 프로세서가 분석하고 출력물의 전체 또는 부분 형상에 따라 높이를 변화시키는 실시예도 가능하다.

본 명세서에 따르면, 프로세서는 출력 소재가 토출되는 디스펜서 니들의 높이에 따라서 출력 소재의 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다. 출력 소재의 특성에 따라 어느 높이 이하에서는 표면장력 특성이 우세할 것이며, 어느 높이 초과에서는 점도 특성이 우세할 것이다. 이때, 니들 높이에 따른 출력 소재의 유동이 표면장력에 따른 유동인지 점도에 따른 유동인지 판단하는 기준은 니들 내경(D_N)에 비례하고, 출

력 소재의 점도비(μ_r)에 반비례할 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 아래 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$TH_z = \alpha_z \frac{D_N}{\mu_r}$$

[0185]

[0186] TH_z : 니들 높이에 따른 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이

[0186]

[0187] α_z : 계수

[0187]

[0189] 상기 프로세서는 표면장력과 점도 유동의 판정 기준 높이(이하 '기준 높이')보다 상기 디스펜서 니들의 높고 낮음에 따라 출력 소재의 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다.

[0189]

[0190] 이때, 상기 프로세서는 상기 디스펜서 니들의 높이가 기준 높이 이하인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서는 아래 수학식 13을 통해 상기 출력 라인의 폭(L_D)을 산출할 수 있다.

[0190]

수학식 13

$$T - Density_{print} = \frac{D_N}{L_D} = \beta \frac{2Hr_w V^2}{\sigma_r V_T}$$

[0192]

[0193] $T - Density_{print}$: 표면장력을 고려한 출력물 채움 밀도, D_N : 니들 내경, L_D : 출력 라인 간격, H: 출력물의 높이, r_w : 물방울의 반지름, σ_r : 물과 출력하는 소재의 표면장력 비, V_T : 표면장력 측정을 위해 출력된 방울의 부피

[0193]

[0195] 상기 수학식 13에 대해서는 앞서 설명하였으므로 반복적인 설명은 생략한다.

[0195]

[0196] 반면, 상기 프로세서는 상기 디스펜서 니들의 높이가 미리 설정된 기준 높이 초과인 경우 니들을 통해 토출되는 액체의 속도와 니들의 이동 속도 비율(이하 '속도 비율')을 고려하여 점도 또는 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다. 상기 속도 비율을 수학식으로 나타내면 아래 수학식 14와 같다.

[0196]

수학식 14

$$\frac{v_{N_{avg}}}{v_{avg}}$$

[0198]

[0199] $v_{N_{avg}}$: 니들에서 토출된 액체의 평균 속도

[0199]

[0200] v_{avg} : 출력 평균 속도(니들의 출력 이동 속도)

[0200]

[0202] 니들을 통해 토출된 액체의 속도($v_{N_{avg}}$)는 액체의 연속방정식(continuity equation)을 이용하여 구할 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 아래 수학식 15와 같다.

[0202]

수학식 15

$$v_{N_{avg}} A_N = \dot{E}_{disp} A_{disp}$$

[0204]

$$v_{N_{avg}} = \frac{\dot{E}_{disp} A_{disp}}{A_N} = \frac{\dot{E}_{disp} D_{disp}^2}{D_N^2}$$

A_{disp} : 디스펜서 내경 단면적

A_N : 니들 내경 단면적

출력 평균 속도(v_{avg})는 표면장력과 점도에 관계없이, 출력물(layer)의 높이(H), 디스펜서의 물리적인 사이즈(D_{disp}, D_N)에 의해 결정된다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 16과 같다.

수학식 16

$$v_{avg} \leq \dot{E}_{max} \frac{\pi D_{disp}^2 Density_{print}}{4HD_N}$$

상기 수학식 16에서 출력 밀도는 점도 및 표면장력에 따라 각각 적용할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 이상인 경우 출력 소재의 점도 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정하고, 상기 속도 비율이 미리 설정된 기준 비율 미만인 경우 출력 소재의 표면장력 특성에 의해 출력 라인의 폭을 설정할 수 있다. 각각의 경우에 따른 출력 라인의 폭은 수학식 6과 수학식 11에 기재되어 있는바, 반복적인 설명은 생략한다.

한편, 채움 밀도를 낮춘 대신 압출 길이(E_{disp})을 높여 출력하게 되면 출력 소재가 옆으로 퍼지면서 빈 공간을 메꾸게 되어 출력 경로를 최소화하면서 출력을 완성할 수 있다. 압출 길이(E_{disp})란, 출력 소재를 디스펜서에서 출력된 소재의 길이를 의미한다. 디스펜서의 내경 면적을 압출 길이를 곱하면 출력에 사용한 소재의 양을 의미하게 된다. 이 경우, 압출 길이(E_{disp})은 아래 수학식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$V_{total} = \frac{\pi D_{disp}^2 E_{disp}}{4}$$

$$E_{disp} = \frac{4 V_{total}}{\pi D_{disp}^2}$$

V_{total} : 출력물의 부피

D_{disp} : 디스펜서 내경

E_{disp} : 디스펜서 압출 길이

참고적으로, 점도 값이 큰 액체의 경우는 디스펜서를 통해 액체가 토출되기 위해 큰 압력이 필요하여 디스펜서에 무리한 힘이 가해짐으로 니들 내경(D_N)이 큰 니들이 사용될 수 있다.

상기 프로세서는 상술한 산출 및 다양한 제어 로직을 실행하기 위해 본 발명이 속한 기술분야에 알려진 ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모듈, 데이터 처리 장치 등을 포함할 수 있다. 또한, 상술한 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 프로세서는 프로그램 모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이 때, 프로그램 모듈은 상기 메모리 장치에 저장되고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다.

상기 전술한 컴퓨터프로그램은, 상기 컴퓨터가 프로그램을 읽어 들여 프로그램으로 구현된 상기 방법들을 실행

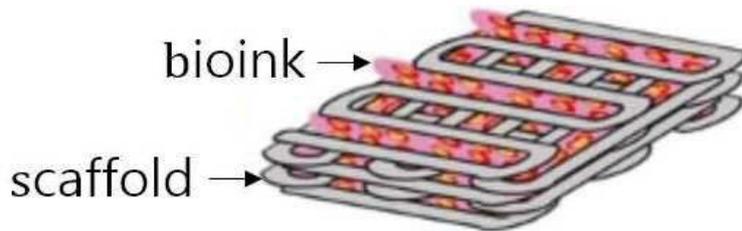
시키기 위하여, 상기 컴퓨터의 프로세서(CPU)가 상기 컴퓨터의 장치 인터페이스를 통해 읽힐 수 있는 C/C++, C#, JAVA, Python, 기계어 등의 컴퓨터 언어로 코드화된 코드(Code)를 포함할 수 있다. 이러한 코드는 상기 방법들을 실행하는 필요한 기능들을 정의한 함수 등과 관련된 기능적인 코드(Functional Code)를 포함할 수 있고, 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 소정의 절차대로 실행시키는데 필요한 실행 절차 관련 제어 코드를 포함할 수 있다. 또한, 이러한 코드는 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 실행시키는데 필요한 추가 정보나 미디어가 상기 컴퓨터의 내부 또는 외부 메모리의 어느 위치(주소 번지)에서 참조되어야 하는지에 대한 메모리 참조관련 코드를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 컴퓨터의 프로세서가 상기 기능들을 실행시키기 위하여 원격(Remote)에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 통신이 필요한 경우, 코드는 상기 컴퓨터의 통신 모듈을 이용하여 원격에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 어떻게 통신해야 하는지, 통신 시 어떠한 정보나 미디어를 송수신해야 하는지 등에 대한 통신 관련 코드를 더 포함할 수 있다.

[0226] 상기 저장되는 매체는, 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반 영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상기 저장되는 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있지만, 이에 제한되지 않는다. 즉, 상기 프로그램은 상기 컴퓨터가 접속할 수 있는 다양한 서버 상의 다양한 기록매체 또는 사용자의 상기 컴퓨터상의 다양한 기록매체에 저장될 수 있다. 또한, 상기 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장될 수 있다.

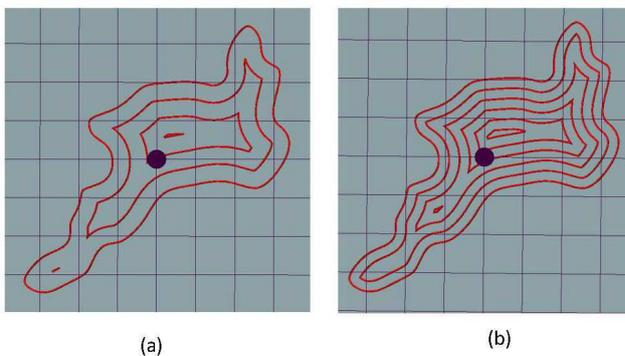
[0227] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 명세서의 실시예를 설명하였지만, 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

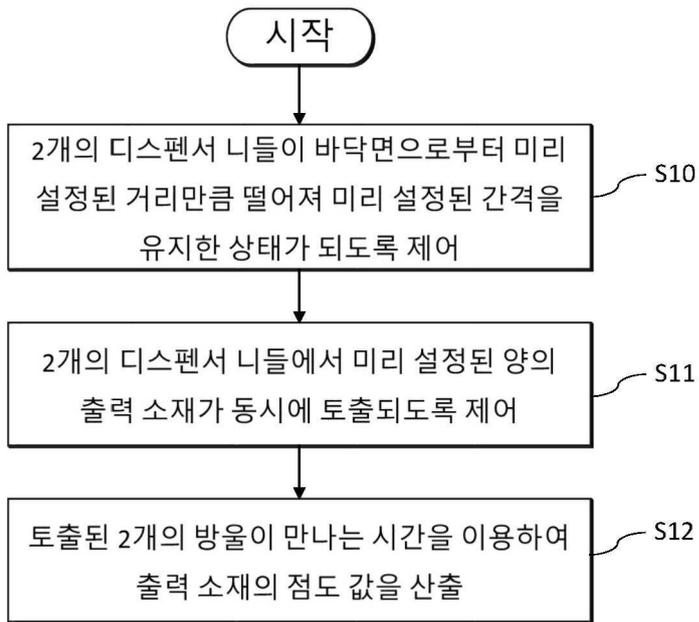
도면1



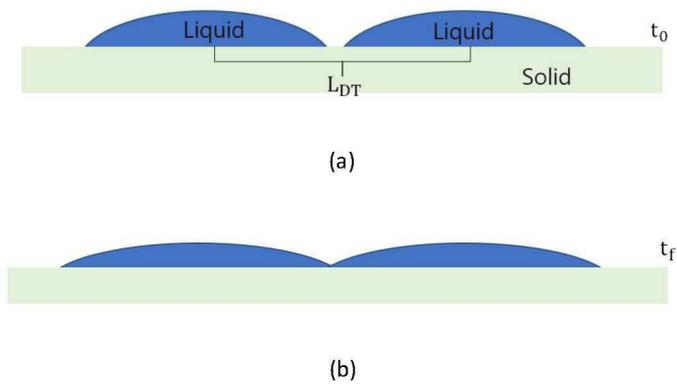
도면2



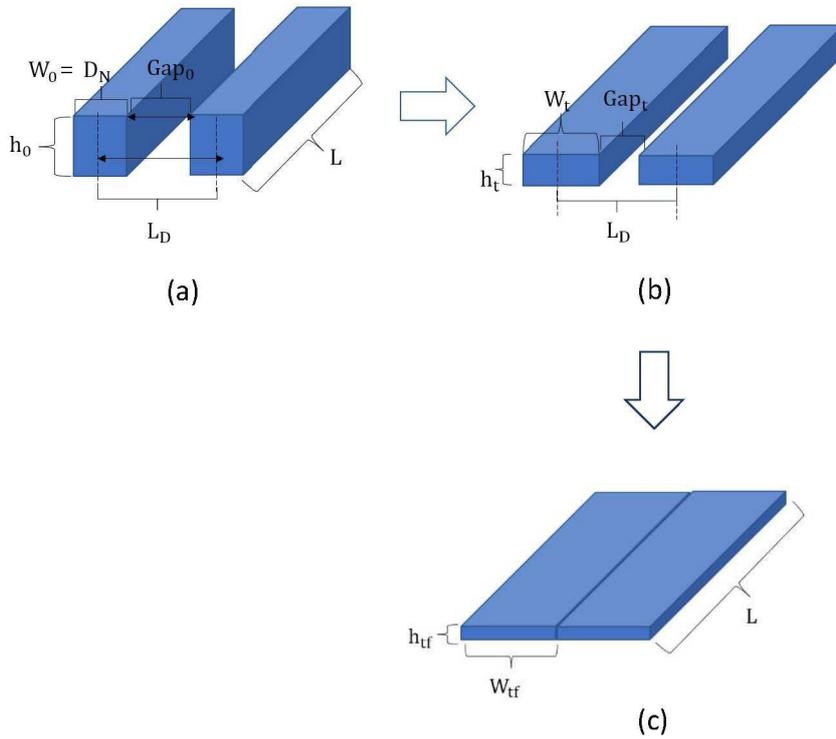
도면3



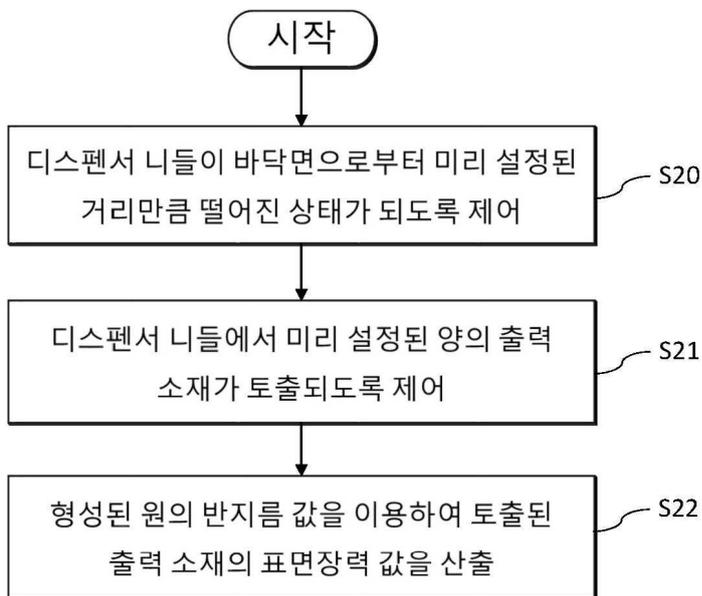
도면4



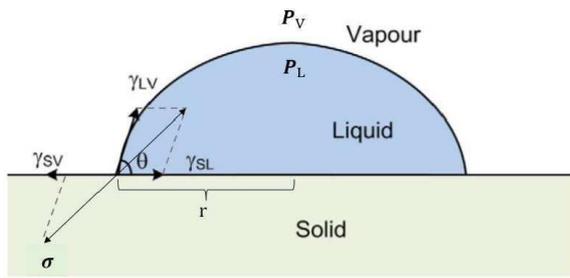
도면5



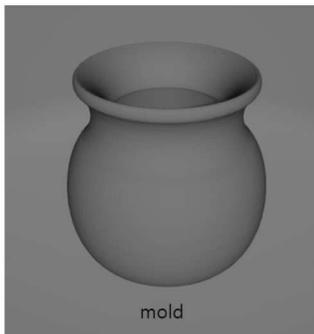
도면6



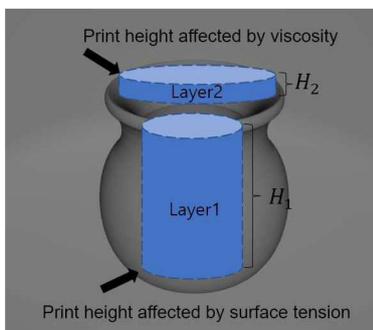
도면7



도면8



(a)



(b)