(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월19일
(11) 등록번호 10-1869169
(24) 등록일자 2018년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/24 (2006.01) *B29C 47/08* (2006.01)
B29C 67/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/24 (2013.01)
B29C 47/0862 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0174374
(22) 출원일자 2016년12월20일
심사청구일자 2016년12월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150044233 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
박현진
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 22동 201호
김현우
광주광역시 북구 임방울대로 1020, 204동 703호
(74) 대리인
정은열

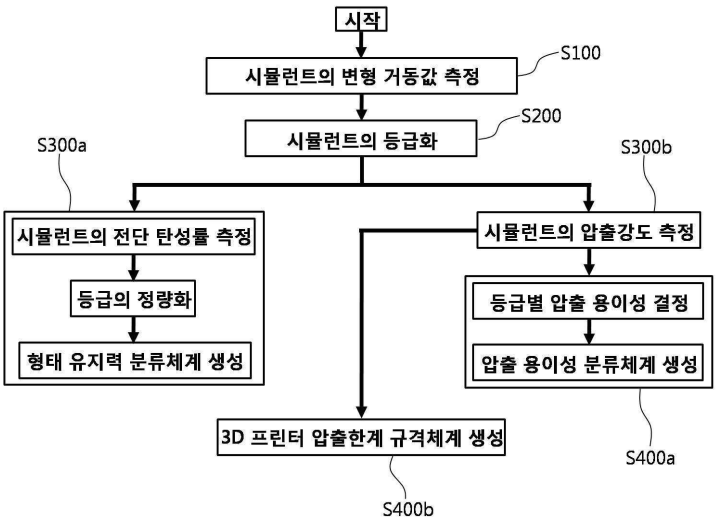
심사관 : 한별

(54) 발명의 명칭 **3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법**

(57) 요 약

본 발명은 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 (A) 서로 다른 농도를 가지는 다수의 시뮬런트(simulant) 각각의 변형 거동값을 측정하는 단계(S100), 및 (B) 다수의 시뮬런트를 소정의 농도에 따라 등급화하는 단계(S200)를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B29C 64/106 (2017.08)

(56) 선행기술조사문헌
Yong He et al. Research on the printability of hydrogel in 3D bioprinting. Scientific Reports, 2016.07.20. pp.1-13*
WO2016019078 A1
WO2014190168 A1
KR2020150003372 U
KR1020020000794 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

(A) 서로 다른 농도를 가지는 다수의 시뮬런트(simulant) 각각의 변형 거동값을 측정하는 단계; 및

(B) 다수의 상기 시뮬런트를 소정의 상기 농도에 따라 등급화하는 단계;

를 포함하고,

상기 변형 거동값은

상기 시뮬런트 각각에 의해 생성된 각각의 조형물에 대하여, 하기 [수학식 1]에 따라 측정된 변형률이며,

각각의 상기 조형물은 높이별로 다수 개 생성되고,

상기 변형률은 상기 높이에 따라 각각 측정되며,

상기 (B) 단계 이후에,

상기 시뮬런트 각각의 전단 탄성률(shear modulus)을 측정하고, 상기 시뮬런트의 등급을 상기 전단 탄성률 측정값에 따른 물성규격으로 정량화하여, 형태 유지력 분류체계를 생성하는 단계;

를 더 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

[수학식 1]

$$\text{변형률}(\%) = \frac{V_D}{V_I} \times 100$$

(V_I: 초기 부피, V_D: 변형 후 부피)

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 시뮬런트는

하이드로콜로이드, 또는 실리콘인 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 형태 유지력 분류체계는

상기 시뮬런트의 등급에 따라 적어도 1개 이상으로 분류된 등급항목;

3D 프린팅 가능한 높이 범위가 상기 등급항목에 따라 분류된 인쇄가능범위항목; 및

상기 물성규격이 상기 등급항목에 따라 분류된 물성규격항목;

을 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 3D 프린팅 가능한 높이는

상기 높이에 따른 상기 변형률이 10% 이하일 때의 최대높이인 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 (B) 단계 이후에,

상기 시뮬런트 각각이 노즐을 통과하여 토출되기 위해 요구되는 상기 시뮬런트 각각의 압출강도를 측정하는 단계;

를 더 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 압출강도 측정값을 기준으로, 상기 시뮬런트의 등급별로 압출 용이성을 결정하여, 압출 용이성 분류체계를 생성하는 단계;

를 더 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 압출 용이성 분류체계는

상기 시뮬런트의 등급이 적어도 1개 이상으로 분류된 등급항목; 및

상기 압출 용이성 수준이 상기 등급항목에 따라 분류된 압출용이성항목;

을 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

소정의 상기 압출강도에서 토출 가능한 상기 시뮬런트의 최대 등급을 압출한계로 결정하여, 3D 프린터 압출한계 규격체계를 생성하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

3D 프린터 압출한계 규격체계는

상기 노즐을 사이즈별로 분류한 노즐사이즈항목; 및

상기 노즐의 사이즈별로 정해지는 상기 압출강도를 상기 노즐사이즈항목에 따라 분류한 압출한계항목;

을 포함하는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 시뮬런트를 표준물질로 이용하여 3D 프린터용 소재의 프린팅 적절성 판단에 필요한 정량적 인쇄적성을 산정하고 이를 통해 그 소재의 인쇄적성 분류체계를 설계하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 3D 프린터는 입력된 설계도에 따라 3차원의 입체적인 물품을 만들어내는 기계로서, 최근에는 본래 개발 목적인 산업용 시제품 생산을 넘어 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.

[0004] 3D 프린터의 원리는 잉크젯 프린터의 원리와 유사하다. 2D 프린터인 잉크젯 프린터는 디지털화된 파일을 전송받아 잉크분사 노즐을 X축과 Y축으로 이동시키면서 종이에 잉크를 분사하여 활자나 그림 등의 2D 이미지를 인쇄하는데, 3D 프린터는 여기에 Z축 방향의 움직임을 더하여 3차원 입체 형상을 구현한다.

[0005] 보다 구체적으로, 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 바와 같이, 종래 3D 프린터는 필라멘트(filament)를 공급하는 익스트루더(extruder), 필라멘트를 용융시켜 분사하는 핫엔드 노즐 등으로 구성되어, 익스트루더를 통해 공급된 필라멘트가 핫엔드 노즐의 히터에 의해 용융되어 분사되고, 핫엔드 노즐이 3축 방향으로 이동하면서 필라멘트 박막을 적층하는 방식으로 3차원 물품을 만들어낸다.

[0006] 종래 3D 프린터에 사용되는 필라멘트는 열가소성 원료로서 플라스틱 소재에 국한되었으나, 최근에는 금속, 세라믹 등과 같은 소재에서부터 세포나 조직을 이용하는 바이오 소재 및 식품 소재에 이르기까지 그 범위가 확장되었다.

[0007] 특히, 바이오 소재 또는 식품과 병행되는 3D 프린팅은 대상 소재별로 구성성분에 따른 인쇄특성이 상이하고, 3D 프린팅에 부적절한 소재가 다수 포함되기 때문에, 적절한 인쇄품질에 도달하기 위해서는 별도의 소재가공이 요구된다. 이때, 압출공정에 적합한 유동성 및 3차원 적층 후 그 형태를 유지할 수 있는 정도를 나타내는 인쇄적성이 가장 중요한 요소로 평가된다. 또한, 인쇄적성에 따라 해당 소재의 3차원 모델링 구현 범위가 결정되기 때문에, 다양한 소재의 거동 특성을 표현할 수 있는 인쇄적성 분류체계가 구축되면, 소재가공에 있어 인쇄품질을 일정하게 유지할 수 있다.

[0008] 또한, 바이오 소재 또는 식품과 병행되는 3D 프린팅에서의 인쇄적성은 해당소재의 구성성분, 온도, 첨가제 등과 같은 요소에 영향을 받으며, 소재의 활용분야에 따라 요구되는 각각의 인쇄적성이 서로 다르므로, 소정의 소재가공을 통해 원하는 형태의 객체를 출력하기 위한 인쇄적성의 정량적 기준이 요구된다.

[0009] 그러나 현재까지 인쇄적성을 측정할 수 있는 방법이 고안된 바가 거의 없다. 눈문 Material characterisation and process development for chocolate additive layer manufacturing (Virtual and Physical Prototyping. Vol. 5, No. 2)에 인쇄적성 측정방법이 일부 개시된 예가 있으나, 그 방법은 3D 출력된 객체의 정확성을 육안으로 비교한 후에 "good" 또는 "poor"로 판정하는바, 주관적 이론에 기반한 가정과 단순화 절차에 따라 인쇄적성을 평가하므로 정확성이 결여되는 문제가 있다.

[0010] 이에 인쇄적성을 측정하고 정량화하여 최적화된 인쇄적성에 대한 기준 및 분류방법의 설계가 절실히 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) KR 10-2014-0121034 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 3D 프린터에 사용되는 소재의 인쇄거동을 모방할 수 있는 시뮬런트를 활용한 모의실험을 통해 정량화된 인쇄적성을 측정하고, 소재 가공에 활용가능한 등급화된 인쇄적성 분류체계를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 (A) 서로 다른 농도를 가지는 다수의 시뮬런트(simulant) 각각의 변형 거동값을 측정하는 단계; 및 (B) 다수의 상기 시뮬런트를 소정의 상기 농도에 따라 등급화하는 단계;를 포함한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 시뮬런트는 하이드로콜로이드, 또는 실리콘이다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 변형 거동값은 상기 시뮬런트 각각에 의해 생성된 각각의 조형물에 대하여, 하기 [수학식 1]에 따라 측정된다.

[0018] [수학식 1]

[0019] $$\text{변형률}(\%) = \frac{V_D}{V_I} \times 100$$

[0020] (V_I: 초기 부피, V_D: 변형 후 부피)

[0021] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 각각의 상기 조형물은 높이별로 다수 개 생성되며, 상기 변형률은 상기 높이에 따라 각각 측정된다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 (B) 단계 이후에, 상기 시뮬런트 각각의 전단 탄성률(shear modulus)을 측정하고, 상기 시뮬런트의 등급을 상기 전단 탄성률 측정값에 따른 물성규격으로 정량화하여, 형태 유지력 분류체계를 생성하는 단계;를 더 포함한다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 형태 유지력 분류체계는 상기 시뮬런트의 등급에 따라 적어도 1개 이상으로 분류된 등급항목; 3D 프린팅 가능한 높이 범위가 상기 등급항목에 따라 분류된 인쇄가능범위항목; 및 상기 물성규격이 상기 등급항목에 따라 분류된 물성규격항목;을 포함한다.

[0024] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 3D 프린팅 가능한 높이는 상기 높이에 따른 상기 변형률이 10% 이하일 때의 최대높이다.

[0025] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 (B) 단계 이후에, 상기 시뮬런트 각각이 노즐을 통과하여 토출되기 위해 요구되는 상기 시뮬런트 각각의 압출강도를 측정하는 단계;를 더 포함한다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 압출강도 측정값을 기준으로, 상기 시뮬런트의 등급별로 압출 용이성을 결정하여, 압출 용이성 분류체계를 생성하는 단계;를 더 포함한다.

[0027] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 상기 압출 용이성 분류체계는 상기 시뮬런트의 등급이 적어도 1개 이상으로 분류된 등급항목; 및 상기 압출 용이성 수준이 상기 등급항목에 따라 분류된 압출용이성항목;을 포함한다.

[0028] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 소정의 상기 압출강도에서 토출 가능한 상기 시뮬런트의 최대 등급을 압출한계로 결정하여, 3D 프린터 압출한계 규격체계를 생성한다.

[0029] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 있어서, 3D 프린터 압출한계 규격체계는 상기 노즐을 사이즈별로 분류한 노즐사이즈항목; 및 상기 노즐의 사이즈별로 정해지는 상기 압출강도를 상기 노즐사이즈항목에 따라 분류한 압출한계항목;을 포함한다.

[0031] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0033] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0035] 본 발명에 따르면, 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 평가 및 분류체계에 의하여 별도의 테스트 없이도 개발소재의 인쇄적성을 판단할 수 있고, 소재개발에 대한 가이드라인을 제공함으로써 효율적이고 표준화된 소재를 개발할 수 있다.

[0037] 또한, 소재의 압출 용이성 분류체계를 확립함으로써, 소재개발 단계에서 가용장비의 압출 특성에 도달하기 위한 소재 가공조건 설정의 기준지표를 마련하며, 나아가 이에 기반한 3D 프린터의 압출한계 표기체계를 구축하여 프린팅 조건에 의존적인 압출한계를 정량적으로 등급화하고, 이를 통해 종래 표기방법의 표준화를 유도할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법을 도시한 순서도이다.

도 2는 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 사용되는 농도별 시뮬런트 및 소재의 인쇄 후 거동 변화를 나타내는 사진이다.

도 3은 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 사용되는 농도별 시뮬런트 및 소재의 전단 변형률을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0042] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0044] 도 1은 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법을 도시한 순서도이고, 도 2는 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 사용되는 농도별 시뮬런트 및 소재의 인쇄 후 거동 변화를 나타내는 사진이며, 도 3은 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에 사용되는 농도별 시뮬런트 및 소재의 전단 변형률을 나타내는 그래프이다.

[0046] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 (A) 서로 다른 농도를 가지는 다수의 시뮬런트(simulant) 각각의 변형 거동값을 측정하는 단계(S100), 및 (B) 다수의 시뮬런트를 소정의 농도에 따라 등급화하는 단계(S200)를 포함한다.

[0048] 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 시뮬런트를 표준물질로 이용하여 3D 프린터용 소재의 프린팅 적합성 판단에 요구되는 정량적 인쇄적성을 산정하고, 이를 기반으로 종국적으로는 소재의 인쇄적성 분류체계를 설계하는 방법에 관한 것이다.

[0049] 입력된 설계도에 따라 3차원 입체 물품을 만드는 3D 프린터는 최근에 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 종

래 3D 프린터는 익스트루더(extruder)를 통해 공급된 필라멘트(filament)가 히터에 의해 용융된 후에, 3축 방향으로 이동하는 노즐을 통해 분사되어 적층되는 방식으로 3차원 물품을 만들어낸다. 이때, 사용되는 필라멘트는 열가소성 원료로서 플라스틱 소재에 국한되었으나, 최근에는 금속, 세라믹 등과 같은 소재에서부터 세포나 조직을 이용하는 바이오 소재 및 식품 소재에 이르기까지 그 범위가 확장되고 있다.

[0050] 특히, 바이오 소재 또는 식품과 병행되는 3D 프린팅인 경우에, 그 소재별로 인쇄특성이 상이하고, 프린팅에 부적법한 성분이 다수 함유되어 있기 때문에, 원하는 인쇄품질을 보증하기 위해서는 소재가공이 필수적이고, 이때 가장 중요한 요소가 인쇄적성(printabilty)이다. 인쇄적성은 압출공정에 적합한 유동성 및 3차원 적층 후에 그 형태를 유지할 수 있는 정도를 나타내는 것으로, 이에 따라 3차원 모델링 구현 가능 범위가 결정되고, 3D 프린터의 정확도 및 재현성을 확인할 수 있다.

[0051] 그러나 현재까지 3D 프린터용 소재의 거동 특성을 가진 표준물질을 이용해 다양한 소재의 인쇄적성 평가기준을 제시하고, 이를 기반으로 하는 체계화된 분류체계가 구축되지 않았는바, 이에 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법이 안출되었다.

[0053] 여기서, 소재는 3D 프린팅에 사용되는 물질로서, 예를 들어 식품 3D 프린터용 식품 조성물, 의료 및 바이오 3D 프린터용 고분자 조성물 등일 수 있는데, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고 널리 3D 프린터에 사용 가능한 모든 물질을 포함한다.

[0054] 또한, 소재의 인쇄적성은 3D 프린팅 과정에서 사용되는 소재가 얼마나 압출이 용이하며, 3차원 적층과정 중 또는 그 후에 자체 무게에 의해 붕괴되지 않고 그 3차원 입체형상을 유지하는지를 나타내는 것으로, 압출 용이성(injctability), 및 형태 유지력(dimensional stability)을 정량적으로 측정하여 산정할 수 있다.

[0056] 이러한 3D 프린터용 소재의 인쇄적성의 평가 및 이를 기반으로 하는 분류체계 구축은 아래의 방법에 의한다.

[0057] 먼저, 시뮬런트의 변형 거동값을 측정한다(S100). 여기서, 시뮬런트는 상기 소재의 거동 특성을 나타낼 수 있는 표준물질로서, 소재의 균일한 인쇄품질관리(Printing quality control)를 위해 사용될 수 있는 3D 프린터용 소재의 인쇄적성의 정량적 기준을 제공하는 물질이다.

[0058] 인쇄적성 측정용 표준물질로 사용되기 위해서는 소재의 특성에 따른 광범위한 물성을 그대로 재현할 수 있어야 한다. 따라서, 표준물질의 요건으로서, 농도에 따라 겔강도 변하고, 유동성이 있으며, 탄력성이 낮아야 한다. 즉, 농도가 증가하면 겔강도도 크게 상승해야 하고, 깨짐성이 나타나거나, 토출된 후에 잔류응력에 의해 팽창되어서는 안 된다.

[0059] 이러한 요건을 충족하는 시뮬런트로서 하이드로콜로이드(hydrocolloid), 또는 실리콘 등을 사용할 수 있다. 여기서, 하이드로콜로이드는 물에 수화되어 점성을 나타내거나 겔화되는 친수성 고분자로서, 폴리머 구성, 분자량, 작용기, 농도 등과 같은 특성에 따라 다양한 성질을 나타내고, 이화학적 특성 규명이 용이하기 때문에, 유동학적 특성에 대조하여, 다양한 성분으로 구성된 바이오 소재 또는 식품 소재 등의 인쇄적성을 평가할 수 있는 표준물질로 제공될 수 있다. 특히, 하이드로코롤이드 중에서, 농도증가에 따른 겔강도 증가 수준이 뛰어나면서, 깨짐성이 나타나지 않고, 탄력성이 낮으며, 장기 보관에 의한 저장 안정성이 우수한 메틸셀룰로오스가 가장 적합하다. 다만, 시뮬런트가 반드시 하이드로콜로이드, 또는 실리콘 등에 한정되는 것은 아니고, 소재의 거동 특성을 대표할 수 있는 한 모든 공지의 물질이 포함될 수 있다.

[0061] 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법에서는, 다양한 성상의 3D 프린터용 소재의 인쇄적성을 나타내기 위해서, 다양한 농도로 제조된 다수의 시뮬런트를 사용한다. 이때, 용매로서, 증류수 등을 사용할 수 있는데, 용매가 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 소정의 시뮬런트가 용해될 수 있는 한 모든 공지의 용매를 포함한다.

[0062] 여기서, 농도별 시뮬런트가 개별적으로 특정 소재의 변형 거동을 나타내므로, 농도별 시뮬런트의 변형 거동값을 측정한다.

[0063] 변형 거동값은 변형 거동 정도를 수치화한 것으로, 변형 전·후의 변형률로 측정할 수 있다. 구체적으로, 시뮬런트를 이용해 소정의 높이를 갖는 조형물을 생성하여, 그때의 부피(초기 부피, V_I)와, 소정의 시간 동안 방치한 후의 부피(변형 후 부피, V_D)를 각각 측정하고, 하기 [수학식 1]에 따라 변형률을 측정한다.

수학식 1

[0064]

$$\text{변형률}(\%) = \frac{V_D}{V_I} \times 100$$

[0065] 이때, 부피 V_I, V_D는 3D 스캐너를 통해 측정할 수 있다. 다만, 측정장비가 반드시 3D 스캐너에 한정되는 것은 아니다.

[0067] 이렇게, 농도별 시뮬런트의 변형 거동값이 측정(S100)되면, 다수의 시뮬런트를 소정의 농도별로 등급화한다(S200). 이때, 등급화는, 예를 들어 1% 시뮬런트를 1등급으로하고, 1%씩 증가할 때마다, 1등급씩 늘어나는 것으로 단순히 농도별로 배분할 수 있지만, 등급화가 반드시 상술한 바대로 이루어져야 하는 것은 아니고, 3D 프린터용 소재의 일정한 변형 거동값 범위에 대응되도록 소정의 농도 범위에 따라 정할 수도 있다.

[0069] 하기에서, 일 실시예를 들어, 보다 상세하게 설명한다.

[0070] 여기서, 메틸셀룰로오스(methyl cellulose, MC)를 시뮬런트로 하고, 초콜릿 잼, 그릭 요거트, 케첩, 땅콩버터, 체다치즈, 크림치즈, 쿠키믹스, 분쇄된 육가공품, 메쉬감자, 앙금, 설탕반죽, 및 마지팬 등 12종의 소재를 사용하여 변형률을 산정하였다. 이때, 메틸셀룰로오스는 농도별로 준비하고, 농도별로 다양한 메틸셀룰로오스와 상기 소재를 이용해 지름이 28 mm로 동일하되 높이가 20 mm인 원기둥 형태의 조형물(제1 조형물), 높이가 40 mm인 원기둥 형태의 조형물(제2 조형물), 및 높이가 80 mm인 원기둥 형태의 조형물(제3 조형물)을 각각 제조한 후에 초기 부피를 측정하고, 1시간 경과 후에 변형 후 부피를 측정하였다.

[0072] 도 2에 도시된 바와 같이, 시간이 경과하면, 일부 조형물은 초기 모형을 유지하지 못하고, 형태가 변함을 알 수 있는데, 이에 따른 농도별 시뮬런트 조형물의 변형률은 하기 [표 1]과 같고, 다양한 소재 조형물의 변형률은 하기 [표 2]와 같다.

표 1

[0073]

초기 모형	시뮬런트 농도 (%)	변형 후 높이 (mm)	변형률 (%)
제1 조형물	5	8.48±0.12	57.59±0.60
	6	10.10±0.58	49.52±2.92
	7	12.92±0.14	35.41±0.72
	8	15.85±0.20	20.74±0.98
제2 조형물	9	30.09±0.86	24.78±2.15
	10	34.52±0.49	13.70±1.23
제3 조형물	11	62.76±0.09	21.55±0.11
	12	68.98±1.38	13.78±1.73
	13	73.54±0.36	8.08±0.44
	14	79.34±0.19	0.83±0.24

표 2

[0075]

초기 모형	소재	변형 후 높이 (mm)	변형률 (%)
제1 조형물	초콜릿 잼	10.61±0.83	46.93±4.14
	그릭 요거트	12.15±0.39	39.26±1.93
	케첩	14.53±0.43	27.36±2.14
제2 조형물	땅콩버터	27.07±0.26	32.33±0.66
	체다치즈	28.79±0.77	28.01±1.93
	크림치즈	33.75±1.14	15.62±2.84
	쿠키믹스	34.83±0.68	12.93±1.71
제3 조형물	분쇄된 육가공품	63.13±0.22	21.02±0.27
	메쉬감자	75.32±0.65	5.85±0.81
	앙금	75.88±0.47	5.15±0.58
	설탕반죽	79.66±0.13	0.43±0.16
	마지팬	79.79±0.11	0.26±0.14

[0077] [표 1] 및 [표 2]를 참고로, 시뮬런트의 변형률은 농도에 따라 넓은 범위에 걸쳐 있는데, 모든 소재의 변형률를 모두 포함한다. 예를 들어, 크림치즈는 시뮬런트 9 ~ 10 % 범주에 속한다. 따라서, 시뮬런트는 그 농도에 따라서, 다양한 소재의 변형 거동 특성을 대표할 수 있음을 알 수 있다. 여기서, 변형률은 초기 3차원 입체모형이 시간에 따라 붕괴되지 않고 얼마나 그 형태를 유지하는가 하는 형태 유지력을 나타낸다.

[0079] 결론적으로, 농도별 시뮬런트 조형물의 변형률을 측정하여, 그 변형률에 차이를 보이는 농도를 추출하고, 그 농도를 기준으로 시뮬런트를 등급화하면, 3D 프린팅에 사용하고자 하는 소재를 직접 프린팅하지 않고서도, 소재의 변형률만 측정하여, 그 변형률에 대응하는 농도의 시뮬런트의 변형 거동 특성으로부터 소재의 인쇄적성을 판단할 수 있게 된다.

[0081] 한편, 소재의 변형률을 측정하기 위한 불편을 해소하고, 인쇄적성을 정량화하기 위하여, 형태 유지력 분류체계를 하기와 같이 생성(S300a)할 수 있다.

[0082] 먼저, 시뮬런트의 전단 탄성률(shear modulus)을 측정한다. 이때, 전단 탄성률 측정은 농도별로 각각 측정된다.

[0083] 전단 탄성률이 측정되면, 시뮬런트의 등급을 정량화한다. 시뮬런트의 등급은 농도에 따라 분류된 것이고, 전단 탄성률도 농도별로 측정되었는바, 그 등급을 매칭되는 전단 탄성률 측정값으로 정량화할 수 있다.

[0084] 이렇게 전단 탄성률 측정값을 물성규격으로 표현하여, 시뮬런트의 등급을 정량화하면, 소재 가공에 활용가능한 형태 유지력을 시뮬런트의 물성규격으로 분류한 형태 유지력 분류체계를 얻을 수 있다.

[0085] 이에, 소재의 전단 탄성률을 측정하면, 그 측정값에 대응되는 시뮬런트의 등급을 알 수 있고, 그 등급에 따른 시뮬런트의 변형 거동 특성으로부터 소재의 인쇄적성을 용이하게 파악할 수 있게 된다.

[0087] 시뮬런트와 소재의 전단 탄성률이 변형률 내지 형태 유지력을 대표할 수 있는지 확인하기 위해서, 도 3과 같이, 각각의 전단 탄성률을 측정하여 그 결과를 분석한 결과, 각 소재의 전단 탄성률은 상기 [표 2]에서 확인된 형태 유지력의 순서와 일치하고, 상기 [표 1]에서 나타난 시뮬런트의 형태 유지력 범주에 모두 속했다. 예를 들어, 크림치즈의 전단 탄성률은 9 ~ 10 %의 시뮬런트의 범주에 속하여, 도 2의 결과와 일치한다. 이로써, 전단 탄성률 측정을 수행하여 3D 프린팅되는 소재의 변형 거동을 정확하게 정량화하고, 그 전단 탄성률을 유동학적 모델로 적용하여 본 발명에 따른 형태 유지력 분류체계를 구축할 수 있음을 확인하였다.

[0089] 따라서, 3D 프린터에 사용하고자 하는 특정 소재를 조형물로 만들어 변형률을 측정하는 복잡한 단계를 거치지 않고, 간단하게 전단 탄성률을 측정함으로써 소재의 인쇄적성을 용이하게 산정할 수 있다.

[0091] 여기서, 형태 유지력 분류체계는 등급항목, 인쇄가능범위항목, 물성규격항목 등으로 구성될 수 있다.

[0092] 등급항목은 시뮬런트의 등급에 따라, 적어도 1개 이상으로 분류된다. 이때, 등급은 예를 들어, 9 이상 10 이하(9 ~ 10), 또는 9 미만(< 9)과 같이, 소정의 범위로 분류해도 무방하다.

[0093] 인쇄가능범위항목은 3D 프린팅 가능한 높이 범위를 나타내는 것으로서, 상기 등급항목에 따라 할당되어 분류된다. 여기서, 3D 프린팅 가능한 높이 범위는 상술한 변형률 측정 결과를 활용한다. 구체적으로, 20, 40, 80 ㎜ 높이의 시뮬런트 조형물의 변형률이 소정의 기준값 이하일 때에, 그 최대높이를 프린팅 가능한 높이로 정할 수 있다. 이때, 소정이 기준값은 10 %일 수 있다. 다만, 그 기준값이 반드시 10 %에 한정되는 것은 아니고, 출력되는 입체적 형상의 특성을 고려하여 달리 정해도 무방하다.

[0094] 물성규격항목은 전단 탄성률 측정값인 물성규격을 분류한 것으로, 등급항목에 따라 할당된다.

[0096] 이렇게 구성되는 형태 유지력 분류체계는, 예를 들어 하기 [표 3]와 같이 생성될 수 있는데, 상기 항목 이외에 다른 추가항목이 더 부가될 수도 있다.

표 3

[0097]

구분	등급 (Lv)	인쇄가능범위	특징	물성규격 (Pa)
VLP	< 9	3D 프린팅 부적절	3D 조형물 생성 부적절	$<5\times10^{2}$
LP	9 ~ 10	20 ㎜ 이하 3D 적층 가능	낮고 단순한 구조 형성 가능	$0.5 \sim 2\times10^{3}$
HP	11~ 12	40 ㎜ 이하 3D 적층 가능	높고 단순한 구조 형성 가능	$2 \sim 5\times10^{3}$

VHP	>12	80 ㎜ 이하 3D 적층 가능	높고 복잡한 구조 형성 가능	$>5\times10^{3}$

[0099] 여기서, 구분항목의 VLP는 "Very Low Printability"를, LP는 "Low Printability"를, HP는 "High Printability"를, VHP는 "Very High Printability"를 각각 의미하고, "<"은 미만을, "~"은 이상 이하를, ">"은 초과를 각각 의미한다. [표 2]는 본 발명에 따른 형태 유지력 분류체계의 일 실시예에 불과하고, 반드시 이에 한정되어 권리범위가 정해지는 것은 아니다.

[0101] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 시뮬런트의 압출강도(Extrusion hardness)를 측정(S300b)하고, 이를 이용해 압출 용이성 분류체계를 더 생성(S400a)할 수 있다.

[0102] 여기서, 압출강도는 소정의 노즐을 통과하기 위해 요구되는 압출 출력이고, 압출 용이성은 3D 프린터에서 소재가 얼마나 쉽게 토출될 수 있는지를 의미한다. 따라서, 압출강도가 높을수록 소재 토출에 요구되는 출력이 높으며 압출 용이성이 떨어진다.

[0104] 압출강도를 측정하기 위한 일 실시예로서, 내경이 25 ㎜이고 노즐 사이즈(내경)가 3 ㎜인 제1 압출셀(Extrusion cell), 내경이 25 ㎜이고 노즐 사이즈(내경)가 4 ㎜인 제2 압출셀, 및 내경이 30 ㎜이고 노즐 사이즈(내경)가 4㎜인 제3 압출셀에 30 ㎖씩 충진하고, 1.0 ㎜/s의 속도로 20.0 ㎜ 만큼 압착하여, 농도별 시뮬런트와 다양한 소재의 압출강도를 측정하였다.

[0106] 그 결과는 하기 [표 4], 및 [표 5]와 같다.

표 4

[0107]

시뮬런트 농도 (%)	압출강도 (kg)		
	제1 압출셀	제2 압출셀	제3 압출셀
5	1.70±0.36	1.60±0.35	1.64±0.08
6	3.01±0.06	2.05±0.16	3.22±0.28
7	4.36±0.37	3.24±0.04	5.58±0.38
8	6.21±0.14	4.45±0.50	7.09±0.16
9	7.17±0.55	4.88±0.34	9.51±0.10
10	9.54±0.30	6.89±0.65	10.64±0.60
11	11.06±0.43	7.93±0.23	12.18±0.13
12	13.75±0.55	10.23±0.63	15.47±0.24
13	14.48±0.68	11.46±1.16	18.51±0.19
14	16.93±0.44	13.52±0.72	20.57±0.64
15	18.48±0.76	14.30±0.26	21.70±0.86
16	20.41±0.75	16.36±0.84	24.63±1.94
17	22.21±0.08	17.52±0.41	27.15±1.13
18	25.92±0.73	20.33±0.15	30.96±0.44
19	29.23±0.56	23.21±0.57	34.90±0.82
20	33.09±2.60	26.07±1.09	37.42±0.41

표 5

[0109]

소재	압출강도 (kg)		
	제1 압출셀	제2 압출셀	제3 압출셀
케첩	0.06±0.01	0.02±0.01	0.06±0.02
그릭 요거트	0.06±0.02	0.04±0.02	0.05±0.00
크림치즈	0.60±0.01	0.53±0.01	0.96±0.17
메쉬감자	1.30±0.07	1.06±0.05	1.44±0.09
초콜릿 잼	1.40±0.13	0.81±0.04	1.57±0.50
분쇄된 육가공품	1.43±0.05	0.97±0.06	1.62±0.03
땅콩버터	1.69±0.02	1.02±0.06	1.46±0.09
앙금	4.61±0.50	3.11±0.17	4.53±0.10
체다치즈	6.40±0.73	4.88±0.54	9.03±1.08
쿠키믹스	18.95±0.69	14.07±1.28	33.85±2036
마지팬	55.33±0.46	34.66±2.78	-

설탕반죽	-	54.97±1.02	-

[0111] 결과를 분석해 보면, 시뮬런트는 농도에 따라서 1.60 ~ 37.42 kg 범위의 압출강도를 나타내고, 마지팬과 설탕반죽을 제외한 소재의 압출강도를 포함하는바, 시뮬런트가 소재의 압출강도를 대표할 수 있음을 알 수 있다. 일례로, 앙금은 7 % 농도 시뮬런트에 해당하는 압출강도를 갖으며 그 농도 시뮬런트에 해당하는 압출 용이성을 갖는다.

[0113] 이렇게 농도별 시뮬런트가 다양한 소재의 압출강도 내지 압출 용이성을 대신하여 나타낼 수 있으므로, 그 압출강도 측정값을 기준으로 압출 용이성 분류체계를 더 생성할 수 있다(S400a).

[0114] 구체적으로, 시뮬런트는 그 농도에 따라 등급화되고, 서로 다른 압출강도를 가지므로, 시뮬런트의 등급별로 압출이 용이한지 여부, 즉 압출 용이성을 결정함으로써, 압출 용이성 분류체계를 구축할 수 있다.

[0115] 이때, 압출 용이성 분류체계는 등급항목, 및 압출용이성항목으로 구성될 수 있는데, 등급항목은 시뮬런트의 등급을 적어도 1개 이상으로 분류한 항목이고, 압출용이성항목은 압출 용이성 수준, 즉 토출의 용이 여부를 등급항목에 따라 분류한 항목이다. 다만, 압출 용이성 분류체계가 반드시 상기 2개의 항목에 한정하여 생성되는 것은 아니고, 다른 추가항목을 부가할 수도 있다.

[0116] 이러한 압출 용이성 분류체계의 일 실시예는 아래 [표 6]과 같다.

표 6

[0118]

구분	등급 (Lv)	압출 용이성	특징	소재 예
VEE	5 이하	매우 토출 용이	매우 정교한 인쇄 가능	유동성 콜로이드
EE	6 ~ 10	토출 용이	일반적으로 토출 가능	반죽형 식품
HE	11 ~ 15	토출 어려움	고출력 토출 시스템 요구	쿠키믹스
VHE	16 이상	토출 부적절	가열 등 별도의 소재 처리 요구	플라스틱

[0120] 여기서, VEE는 "Very Easily Extrudable"을, EE는 "Easily Extrudable"을, HE는 "Hardly Extrudable"을, VHE는 "Very Hardly Extrudable"을 각각 의미한다.

[0122] 또한, 본 발명에 따른 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 분류체계 구축방법은 3D 프린터 압출한계 규격체계를 더 생성할 수 있다(S400b).

[0123] 3D 프린터 압출한계 규격체계를 생성하기 위해서는, 우선 압출한계를 결정한다. 여기서, 압출한계는 소정의 압출강도에서 토출 가능한 시뮬런트의 최대 등급으로 정할 수 있다. 예를 들어, [표 3A]를 참고로, 제1 압출셀을 이용하는 경우에, 20 kg의 압출강도에서 토출되는 시뮬런트의 농도가 16 % 미만이므로, 토출 가능한 시뮬런트의 최대 등급은 15이고, 그 등급이 압출한계가 된다.

[0125] 한편, [표 4]와 [표 5]와 같이, 3D 프린터에 장착되는 카트리지의 용량과 이에 사용되는 노즐의 종류에 따라 압출한계에 차이가 발생한다. 이는 서로 다른 3D 프린터의 모터 출력이 동일하더라도 사용되는 카트리지의 종류에 따라 압출 가능한 소재가 달라지는 것을 의미하므로, 그 압출한계는 3D 프린터의 표준화를 제한하는 요소로 작용하는바, 압출한계를 적용하여 3D 프린터 압출한계 규격체계를 생성할 수 있다.

[0126] 여기서, 3D 프린터 압출한계 규격체계는 노즐사이즈항목, 및 압출한계항목 등으로 구성될 수 있다. 이때, 노즐사이즈항목은 3D 프린터에 사용 가능한 노즐을 사이즈(내경)별로 분류한 항목이고, 압출한계항목은 그 노즐의 사이즈별로 각각 정해진 압출한계를 그 노즐사이즈항목에 따라 분류한 항목이다. 다만, 3D 프린터 압출한계 규격체제의 항목이 반드시 상술한 항목에 한정되는 것은 아니고, 추가적으로 3D 프린터의 사양을 결정하는 요소 중에 압출한계에 영향을 미칠 수 있는 소재를 수용하는 카트리지 용량, 토출 속도 등의 다른 요소도 항목으로 추가할 수 있다.

[0127] 이렇게 생성된 일 실시예로서, 3D 프린터 압출한계 규격체계는 아래 [표 7]와 같다.

표 7

[0129]

카트리지 용량 (㎖)	노즐 내경 (㎜)	토출 속도 (㎜/s)	압출한계 (Lv)
50	1	30	5
50	2	30	10

100	2	30	5
100	2	40	3

[0131] 이와 같은 3D 프린터 압출한계 규격체계는 3D 프린터의 사양(specification)을 나타내는데, 이를 통해 압출한계로부터 그 노즐을 통해 토출되는 시뮬런트의 농도 및 프린팅 가능한 소재를 판단할 수 있다.

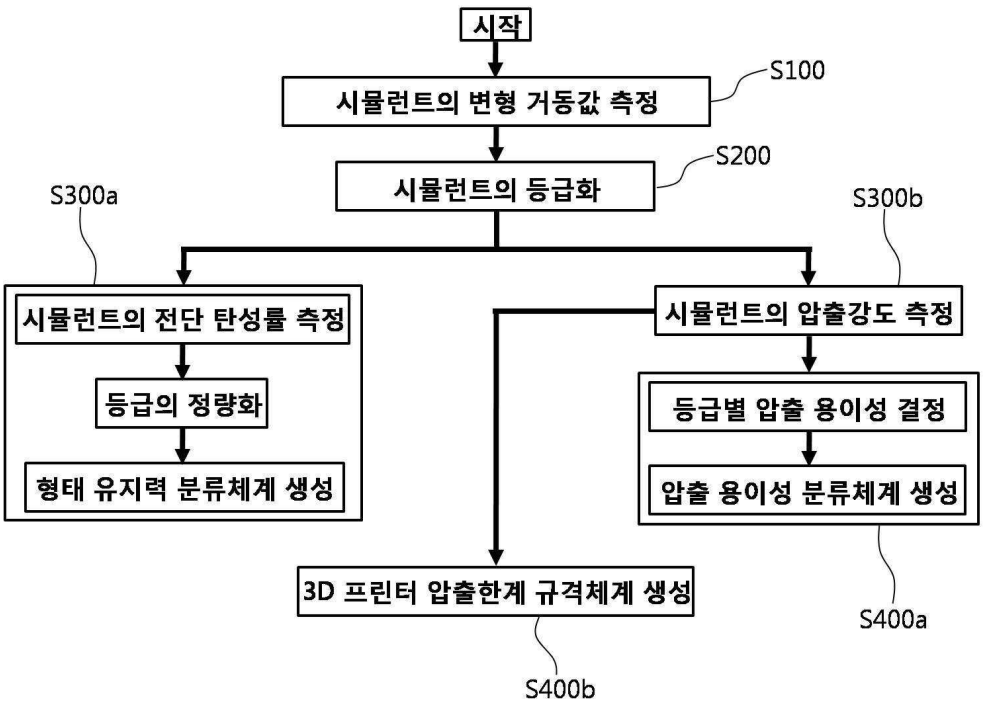
[0133] 종합적으로, 본 발명에 따르면, 3D 프린터용 소재의 인쇄적성 평가 및 분류체계에 의하여 별도의 테스트 없이도 개발소재의 인쇄적성을 판단할 수 있고, 소재개발에 대한 가이드라인을 제공함으로써 효율적이고 표준화된 소재를 개발할 수 있게 한다. 또한, 소재의 압출 용이성 분류체계를 확립함으로써, 소재개발 단계에서 가용장비의 수용 가능한 압출 특성에 도달하기 위한 소재 가공조건 설정의 기준지표를 마련하며, 나아가 이에 기반한 3D 프린터의 압출한계 표기체계를 구축하여 프린팅 조건에 의존적인 압출한계를 정량적으로 등급화하고, 이를 통해 종래 표기방법의 표준화를 유도할 수 있다.

[0135] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

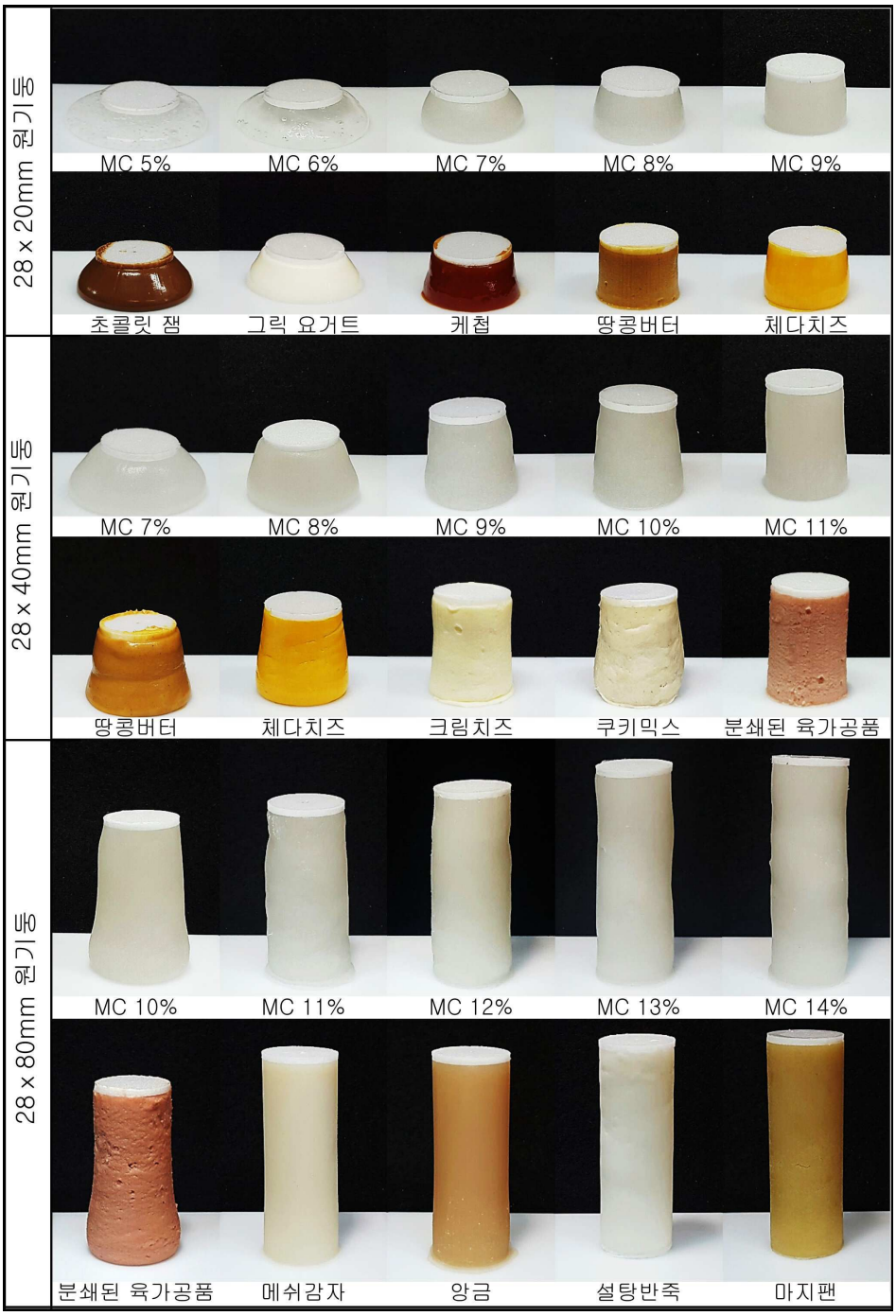
[0137] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

도면

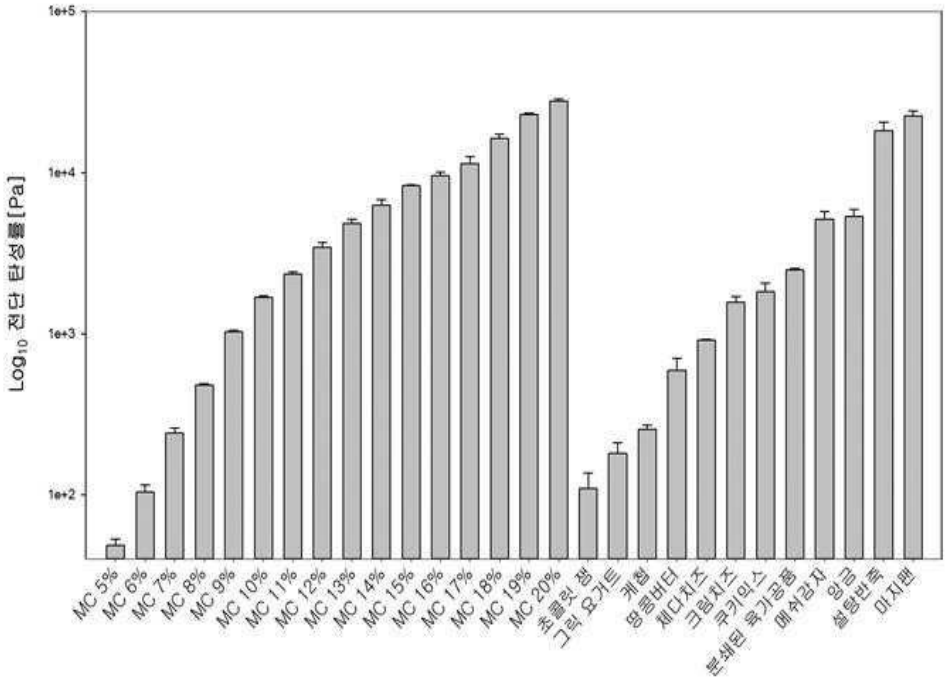
도면1



도면2


28 x 20mm 원기둥
MC 5%
MC 6%
MC 7%
MC 8%
MC 9%
초콜릿 잼
그릭 요거트
케첩
땅콩버터
체다치즈
28 x 40mm 원기둥
MC 7%
MC 8%
MC 9%
MC 10%
MC 11%
땅콩버터
체다치즈
크림치즈
쿠키믹스
분쇄된 육가공품
28 x 80mm 원기둥
MC 10%
MC 11%
MC 12%
MC 13%
MC 14%
분쇄된 육가공품
메쉬감자
앙금
설탕반죽
마지팬

도면3


1e+5
1e+4
1e+3
1e+2
Log10 전단 탄성률[Pa]
MC 5%
MC 6%
MC 7%
MC 8%
MC 9%
MC 10%
MC 11%
MC 12%
MC 13%
MC 14%
MC 15%
MC 16%
MC 17%
MC 18%
MC 19%
MC 20%
초콜릿 잼
그릭 요거트
케첩
땅콩버터
체다치즈
크림치즈
쿠키믹스
분쇄된 육가공품
메쉬감자
잉금
설탕반죽
마지팬