



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0130458
(43) 공개일자 2020년11월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 9/04 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)
B29B 9/02 (2006.01) B33Y 70/00 (2020.01)
- (52) CPC특허분류
B22F 9/04 (2013.01)
B22F 1/0007 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7030590
- (22) 출원일자(국제) 2019년04월04일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년10월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/025805
- (87) 국제공개번호 WO 2019/195559
국제공개일자 2019년10월10일
- (30) 우선권주장
62/652,473 2018년04월04일 미국(US)
62/652,483 2018년04월04일 미국(US)

- (71) 출원인
메탈 파우더 워кс, 엘엘씨
미국, 펜실베니아 15212, 피츠버그, 스위트 102,
사우스 커먼스 드라이브 100
- (72) 발명자
반스, 존, 이.
미국, 펜실베니아 15143, 스위클리, 오차드 스트리트 415
엘드리지, 크리스토퍼, 비.
미국, 텍사스 78727, 오스틴, 테라 노바 엘엔 12608
- (74) 대리인
특허법인씨엔에스

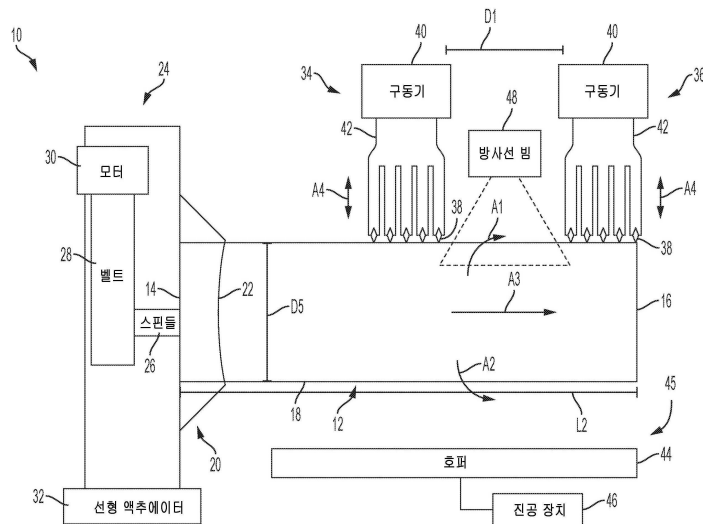
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 분말 제조 시스템 및 방법

(57) 요약

분말 생산 방법은 세장형(elongated) 워크피스를 제공하는 단계; 및 분말을 생산하기 위하여 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 세장형 워크피스의 외부 표면을 왕복형 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계를 포함한다. 분말은 복수의 입자를 포함하고, 생산된 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm의 지름 또는 최대 치수를 갖는다. 또한, 절단기와 적어도 하나의 제어기를 포함하는 복수의 입자를 갖는 분말을 생산하기 위한 시스템이 여기에 제공된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B29B 9/02 (2013.01)

B33Y 70/00 (2013.01)

B22F 2009/046 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

세장형(elongated) 워크피스를 제공하는 단계; 및

복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하기 위하여 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 상기 세장형 워크피스의 외부 표면을 왕복형 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계

를 포함하고,

생산된 상기 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름 또는 최대 치수를 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 세장형 워크피스는 주조되거나, 단련 가공되거나(wrought), 압출될 수 있는 재료를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 세장형 워크피스는 단련 가공된 금속 로드(rod)를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 단련 가공된 금속 로드는 강철, 니켈, 알루미늄, 티타늄, 플래티넘, 레늄, 레늄, 니오븀 및 이들의 합금 중 하나 이상을 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 워크피스는 우라늄, 희토류 원소, 폴리머 및 세라믹 중 적어도 하나를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 목표 크기의 10% 이내의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 목표 크기는 대략 5 μm 내지 대략 100 μm 의 지름 또는 최대 치수를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 대략 15 μm 내지 대략 100 μm 의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 99%는 대략 15 μm 내지 대략 100 μm 의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 상기 세장형 워크피스의 외부 표면을 상기 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계는, 사전 결정된 제1 기간 동안 제1 주파수에 따라 상기 워크피스를 접촉시키고, 이어서 사전 결정된 제2 기간 동안 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수에 따라 상기 워크피스를 접촉시키는 단계를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 주파수에 따라 상기 워크피스를 반복적으로 접촉시키는 것은 제1 복수의 입자를 생산하고, 상기 제1 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 제1 목표 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수(major dimension)를 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2 주파수에 따라 상기 워크피스를 반복적으로 접촉시키는 것은 제2 복수의 입자를 생산하고, 상기 제2 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 상기 제1 목표 크기와 상이한 제2 목표 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수를 갖는, 분말 생산 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제1 목표 크기의 입자와 상기 제2 목표 크기의 입자를 포함하는 목표 입자 크기 분포를 선택하고, 상기 적어도 하나의 절단기에 의해 상기 워크피스를 접촉시키기 전에, 선택된 상기 입자 크기 분포에 기초하여 상기 제1 기간 및 상기 제2 기간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 분말을 생산하는 것은, 상기 복수의 입자가 상기 세장형 워크피스의 다공성과 실질적으로 동일한 다공성을 갖도록, 상기 입자에 다공성을 도입하지 않는, 분말 생산 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 워크피스가 상기 절단기에 의해 접촉될 때 선택된 회전 속도로 상기 워크피스를 회전시키는 단계를 더 포함하고, 상기 회전 속도는 생산될 목표 입자 크기에 기초하여 결정되는, 분말 생산 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 워크피스를 상기 적어도 하나의 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계는, 상기 워크피스의 제1 부분을 제1 절단기와 접촉시키고, 상기 워크피스의 제2 부분을 제2 절단기와 접촉시키는 단계를 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 분말이 생산된 후에, 열, 마찰력 및 화학 작용제 중 적어도 하나를 상기 입자에 인가함으로써 상기 복수의 입자를 구형화하는(spheroidizing) 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 워크피스로부터 상기 복수의 입자를 제거하는 것을 돕기 위하여 상기 워크피스가 상기 절단기와 접촉하는 동안 상기 워크피스를 레이저에 노출시키는 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.

청구항 19

복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하기 위한 시스템에 있어서,

세장형 워크피스로부터 입자를 제거하기 위하여 상기 워크피스의 외부 표면을 접촉하도록 구성된 적어도 하나의 절단기;

상기 적어도 하나의 절단기에 기계적으로 결합되며, 상기 워크피스와 접촉하고 상기 워크피스로부터 멀어지도록 상기 절단기를 반복 운동시키도록 구성된 적어도 하나의 구동기; 및

상기 적어도 하나의 구동기에 전기적으로 연결되고, 입력 컴포넌트를 포함하고, 상기 입력 컴포넌트로부터 수신된 하나 이상의 동작 파라미터에 따라 상기 워크피스와 접촉하고 상기 워크피스로부터 멀어지도록 상기 구동기가 상기 절단기를 반복 운동시키게 하도록 구성된 적어도 하나의 제어기

를 포함하고,

상기 워크피스와 상기 절단기 사이의 반복된 접촉은 복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하고,

상기 복수의 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름을 갖는, 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 동작 파라미터는 상기 워크피스의 회전 속도, 상기 절단기의 왕복 주파수 또는 상기 워크피스에 대한 상기 절단기의 진폭 중 하나 이상을 포함하는, 시스템.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 절단기와 상기 워크피스 사이의 반복 접촉에 의해 형성된 상기 복수의 입자를 수용하도록 구성된 수집 용기를 더 포함하는, 시스템.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 수집 용기는 상기 수집 용기 내로 상기 분말을 끌어당기도록 구성된 진공 장치를 포함하는, 시스템.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 수집 용기는 상기 적어도 하나의 제어기에 전기적으로 연결된 하나 이상의 센서를 포함하고, 상기 하나 이상의 센서는 생산된 상기 분말의 특성을 측정하도록 구성되고, 상기 적어도 하나의 제어기는 상기 하나 이상의 센서에 의해 검출된 정보에 기초하여 상기 적어도 하나의 구동기의 상기 하나 이상의 동작 파라미터를 수정하도록 구성되는, 시스템.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 하나 이상의 센서는, 평균 입자 부피, 중간 입자 부피, 입자 부피 분포, 전체 분말 무게, 전체 분말 부피 및 입자의 평균 구형도(sphericity) 중 적어도 하나를 검출하도록 구성되는, 시스템.

청구항 25

제19항에 있어서,

상기 적어도 하나의 제어기는 상기 입력 컴포넌트에 의해 목표 입자 크기를 수신하고, 선택된 크기의 입자를 생산하기 위하여 상기 구동기의 상기 하나 이상의 동작 파라미터를 자동으로 조정하도록 구성되는, 시스템.

청구항 26

제25항에 있어서,

선택된 상기 목표 입자 크기는 상기 구동기가 동작 중인 동안 사용자에게 의해 동적으로 조정될 수 있는, 시스템.

청구항 27

금속 분말을 생산하는 방법에 있어서,

사전 결정된 회전 속도로 단련 가공된(wrought) 금속 워크피스를 회전시키는 단계;

상기 단련 가공된 금속 워크피스의 외부 표면을 사전 결정된 주파수로 절단기 인서트를 포함하는 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계; 및

상기 절단기 인서트와 상기 금속 워크피스의 상기 외부 표면 사이의 접촉에 의해 생산된 입자를 수집하는 단계를 포함하고,

상기 사전 결정된 회전 속도와 상기 사전 결정된 주파수는 목표 입자 크기를 갖는 입자를 획득하도록 선택되고, 수집된 상기 입자의 적어도 95%는 상기 목표 입자 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수(major dimension)을 갖는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 교차 참조

[0002] 본 출원은 각각이 그 전체가 본 명세서에 참조로서 편입되는 2018년 4월 4일 출원된 미국 임시 출원 No. 62/652,473 및 2018년 4월 4일 출원된 미국 임시 출원 No. 62/652,483에 대한 우선권을 주장한다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 개시 내용은 분말 제조 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히, 왕복형 절단기(reciprocating cutter)를 이용하여 원료(source) 또는 공급 원료(feedstock)를 기계적으로 마모시켜 좁은 크기 분포를 갖는 입자를 포함하는 분말을 제조하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 3D 프린팅 또는 래피드 프로토타이핑(rapid prototyping)과 같은 적층 제조 공정(additive manufacturing process)은 설계된 부품을 신속하고 높은 정밀도로 생산하기 위한 바람직한 방식으로서 일반적으로 폭 넓게 받아들여지고 있다. 3D 프린팅 기계는 EOS Electro Optical Systems Group, SLM Solutions Group AG, Concept Laser GmbH, Arcam AB, Renishaw Plc, 3D Systems Inc., ExOne Company LLP, Hewlett-Packard Co. 및 General Electric(GE Additive)을 포함하는 많은 제조사로부터 상업적으로 입수 가능하다. 이러한 적층 제조 및 3D 프린팅 기계는 분말, 일반적으로 금속 분말을, 도구, 다이(die), 기계, 자동차 부품, 장식 용품 및 유사한 물체와 같은 제조 부품으로 변환한다. 금속 분말은, 예를 들어, 스테인리스 강, 저합금강, 니켈 합금, 티타늄 및 유사한 재료를 포함할 수 있다. 적층 제조 공정의 광범위한 사용을 고려할 때, 금속 분말과 같은 원료 물질에 대한 필요성이 계속 증가할 것으로 예상된다.

[0006] 적층 제조를 위한 분말은 통상적으로 플라즈마 미립자화(plasma atomization) 또는 가스 미립자화와 같은 미립자화 기술에 의해 제조된다. 미립자화는 일반적으로 다양한 크기를 갖는 입자를 포함하는 분말을 생산한다. 일부 경우에, 이러한 미립자화 공정에 의해 생산되는 분말의 대략 20% 내지 40%만이 적층 제조를 위하여 사용 가

능하다(예를 들어, 적절한 크기 및 형상). 분말의 나머지 60% 내지 80%는 다른 용도로 사용되거나, 재활용되거나, 폐기된다.

[0007] 금속 분말을 생산하기 위한 하나의 예시적인 미립자화 장치는 그 전체가 본 명세서에 참조로서 편입되는 미국 특허 No. 6,632,394에 개시된다. 미립자화 장치는 다량의 용융 금속을 유지하기 위한 야금 용기를 포함한다. 용융 금속은 노즐 요소를 통해 미립자화 챔버 내로 통과하는 금속 스트림의 형태로 미립자화 챔버 내로 도입된다. 미립자화 챔버 내에서, 상이한 배향의 가스 제트가 용융 금속 스트림을 접촉하고, 이는 용융 금속 스트림을 나누어 알갱이(grain)로 응고되는 액적(droplet)을 형성하고, 이에 의해 금속 입자를 생산한다.

[0008] '394 특허는 크기가 0 μm 내지 500 μm 인 갖는 입자를 포함하는 분말을 생산한다. 형성된 입자의 대략 75%는 크기가 100 μm 미만이었다. 생산된 분말의 34.9%는 크기가 0과 45 μm 사이에 있었다. 유사한 수율 또는 입자 크기 분포를 갖는 분말을 형성하기 위한 다른 예시적인 미립자화 방법이 미국 특허 No. 4,382,903 및 국제 특허 출원 공보 No. 89/05197에 개시된다.

[0009] 150 μm 만큼 큰 입자가 일부 적층 제조 기계에 사용될 수 있지만, 일반적으로, 적층 제조 공정은 크기가 대략 15 μm 내지 대략 100 μm 인 갖는 입자를 이용하여 수행된다. 입자가 너무 크거나 불균일하여 적층 제조에 적합하지 않기 때문에, 미립자화 방법에 의해 생산된 분말의 대부분은 종종 다른 용도로 사용되어야만 한다. 또한, 3D 프린팅 기계의 효율과 속도는 기계 내로의 그리고 기계를 통한 분말 입자의 유동률(flow rate)에 의해 영향을 받을 수 있다. 실질적으로 균일한 크기와 형상을 갖는 입자를 포함하는 분말은 일반적으로 더 나은 유동 특성을 가지며, 기계를 통해 더욱 용이하게 유동한다. 따라서, 균일한 크기와 형상을 갖는 분말을 효율적으로 생산하기 위한 분말 제조 공정은 3D 프린팅 기계의 작동 효율을 개선할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 종래의 분말 제조 방법에 의해 제공되는 일관성 없는 입자 크기 분포와 입자 균일도의 부족을 고려할 때, 좁은 분말 크기 분포(powder size distribution(PSD)) 및 입자 균일도를 갖는 분말을 생산하기 위한 장치 및 방법에 대한 요구가 있다. 바람직하게는, 생산된 입자의 대부분이 적층 제조 공정에서 사용하기에 적합하여야 한다. 또한, 3D 프린팅 기계의 작동 효율을 개선하기 위하여 낮은 다공성(porosity)과 균일한 형상을 갖는 밀도가 높은 입자를 생산하기 위한 방법에 대한 요구가 있다. 본 명세서에 개시된 장치와 방법은 이러한 요구들을 해결하도록 설계된다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 개시 내용의 일 양태에 따르면, 분말 생산 방법은 세장형(elongated) 워크피스를 제공하는 단계; 및 분말을 생산하기 위하여 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 세장형 워크피스의 외부 표면을 왕복형 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계를 포함한다. 분말은 복수의 입자를 포함하고, 생산된 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름 또는 최대 치수를 갖는다.

[0012] 본 개시 내용의 다른 양태에 따르면, 복수의 입자를 갖는 분말을 생산하기 위한 시스템은, 세장형 워크피스로부터 입자를 제거하기 위하여 워크피스의 외부 표면을 접촉하도록 구성된 적어도 하나의 절단기; 적어도 하나의 절단기에 기계적으로 결합되며, 워크피스와 접촉하고 워크피스로부터 멀어지도록 절단기를 왕복 운동시키도록 구성된 적어도 하나의 구동기; 및 적어도 하나의 제어기를 포함한다. 적어도 하나의 제어기는 적어도 하나의 구동기에 전기적으로 연결되고, 입력 컴포넌트를 포함한다. 제어기는 입력 컴포넌트로부터 수신된 하나 이상의 동작 파라미터에 구동기가 따라 절단기를 워크피스와 접촉하고 워크피스로부터 멀어지도록 왕복 운동시키게 하도록 구성된다. 워크피스와 절단기 사이의 반복된 접촉은 복수의 입자를 갖는 분말을 생산한다. 복수의 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름을 갖는다.

[0013] 본 개시 내용의 다른 양태에 따르면, 금속 분말을 생산하는 방법은, 사전 결정된 회전 속도로 단련 가공된(wrought) 금속 워크피스를 회전시키는 단계; 단련 가공된 금속 워크피스의 외부 표면을 사전 결정된 주파수로 절단기 인서트를 갖는 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계; 및 절단기 인서트와 금속 워크피스의 외부 표면 사이의 접촉에 의해 생산된 입자를 수집하는 단계를 포함한다. 사전 결정된 회전 속도와 사전 결정된 주파수는 목표 입자 크기를 갖는 입자를 획득하도록 선택된다. 수집된 입자의 적어도 95%는 목표 입자 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수(major dimension)를 갖는다.

- [0014] 이제, 본 발명의 예들이 다음의 번호가 매겨진 항목들에서 설명될 것이다:
- [0015] 항목 1: 세장형(elongated) 워크피스를 제공하는 단계; 및 복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하기 위하여 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 상기 세장형 워크피스의 외부 표면을 왕복형 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계를 포함하고, 생산된 상기 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름 또는 최대 치수를 갖는, 분말 생산 방법.
- [0016] 항목 2: 항목 1에 있어서, 상기 세장형 워크피스는 주조되거나, 단련 가공되거나(wrought), 압출될 수 있는 재료를 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0017] 항목 3: 항목 1 또는 항목 2에 있어서, 상기 세장형 워크피스는 단련 가공된 금속 로드(rod)를 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0018] 항목 4: 항목 3에 있어서, 상기 단련 가공된 금속 로드는 강철, 니켈, 알루미늄, 티타늄, 플레티늄, 레늄, 레늄, 니오븀 및 이들의 합금 중 하나 이상을 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0019] 항목 5: 항목 1 내지 4 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 워크피스는 우라늄, 희토류 원소, 폴리머 및 세라믹 중 적어도 하나를 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0020] 항목 6: 항목 1 내지 5 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 목표 크기의 10% 이내의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.
- [0021] 항목 7: 항목 6에 있어서, 상기 목표 크기는 대략 5 μm 내지 대략 100 μm 의 지름 또는 최대 치수를 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0022] 항목 8: 항목 1 내지 7 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 대략 15 μm 내지 대략 100 μm 의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.
- [0023] 항목 9: 항목 1 내지 8 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 99%는 대략 15 μm 내지 대략 100 μm 의 지름을 갖는, 분말 생산 방법.
- [0024] 항목 10: 항목 1 내지 9 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 사전 결정된 적어도 하나의 주파수에 따라 상기 세장형 워크피스의 외부 표면을 상기 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계는, 사전 결정된 제1 기간 동안 제1 주파수에 따라 상기 워크피스를 접촉시키고, 이어서 사전 결정된 제2 기간 동안 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수에 따라 상기 워크피스를 접촉시키는 단계를 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0025] 항목 11: 항목 10에 있어서, 상기 제1 주파수에 따라 상기 워크피스를 반복적으로 접촉시키는 것은 제1 복수의 입자를 생산하고, 상기 제1 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 제1 목표 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수(major dimension)를 갖는, 분말 생산 방법.
- [0026] 항목 12: 항목 11에 있어서, 상기 제2 주파수에 따라 상기 워크피스를 반복적으로 접촉시키는 것은 제2 복수의 입자를 생산하고, 상기 제2 복수의 입자 중 상기 입자의 적어도 95%는 상기 제1 목표 크기와 상이한 제2 목표 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수를 갖는, 분말 생산 방법.
- [0027] 항목 13: 항목 10 내지 12 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 제1 목표 크기의 입자와 상기 제2 목표 크기의 입자를 포함하는 목표 입자 크기 분포를 선택하고, 상기 적어도 하나의 절단기에 의해 상기 워크피스를 접촉시키기 전에, 선택된 상기 입자 크기 분포에 기초하여 상기 제1 기간 및 상기 제2 기간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0028] 항목 14: 항목 1 내지 13 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 분말을 생산하는 것은, 상기 복수의 입자가 상기 세장형 워크피스의 다공성과 실질적으로 동일한 다공성을 갖도록, 상기 입자에 다공성을 도입하지 않는, 분말 생산 방법.
- [0029] 항목 15: 항목 1 내지 14 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 워크피스가 상기 절단기에 의해 접촉될 때 선택된 회전 속도로 상기 워크피스를 회전시키는 단계를 더 포함하고, 상기 회전 속도는 생산될 목표 입자 크기에 기초하여 결정되는, 분말 생산 방법.
- [0030] 항목 16: 항목 1 내지 15 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 워크피스를 상기 적어도 하나의 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계는, 상기 워크피스의 제1 부분을 제1 절단기와 접촉시키고, 상기 워크피스의 제2 부분을 제2 절단기와 접촉시키는 단계를 포함하는, 분말 생산 방법.

- [0031] 항목 17: 항목 1 내지 16 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 분말이 생산된 후에, 열, 마찰력 및 화학 작용제 중 적어도 하나를 상기 입자에 인가함으로써 상기 복수의 입자를 구형화하는(spheroidizing) 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0032] 항목 18: 항목 1 내지 17 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 워크피스로부터 상기 복수의 입자를 제거하는 것을 돕기 위하여 상기 워크피스가 상기 절단기와 접촉하는 동안 상기 워크피스를 레이저에 노출시키는 단계를 더 포함하는, 분말 생산 방법.
- [0033] 항목 19: 복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하기 위한 시스템에 있어서, 세장형 워크피스로부터 입자를 제거하기 위하여 상기 워크피스의 외부 표면을 접촉하도록 구성된 적어도 하나의 절단기; 상기 적어도 하나의 절단기에 기계적으로 결합되며, 상기 워크피스와 접촉하고 상기 워크피스로부터 멀어지도록 상기 절단기를 반복 운동시키도록 구성된 적어도 하나의 구동기; 및 상기 적어도 하나의 구동기에 전기적으로 연결되고, 입력 컴포넌트를 포함하고, 상기 입력 컴포넌트로부터 수신된 하나 이상의 동작 파라미터에 따라 상기 워크피스와 접촉하고 상기 워크피스로부터 멀어지도록 상기 구동기가 상기 절단기를 반복 운동시키게 하도록 구성된 적어도 하나의 제어기를 포함하고, 상기 워크피스와 상기 절단기 사이의 반복된 접촉은 복수의 입자를 포함하는 분말을 생산하고, 상기 복수의 입자의 적어도 95%는 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 의 지름을 갖는, 시스템.
- [0034] 항목 20: 항목 19에 있어서, 상기 동작 파라미터는 상기 워크피스의 회전 속도, 상기 절단기의 왕복 주파수 또는 상기 워크피스에 대한 상기 절단기의 진폭 중 하나 이상을 포함하는, 시스템.
- [0035] 항목 21: 항목 19 또는 항목 20에 있어서, 상기 절단기와 상기 워크피스 사이의 반복 접촉에 의해 형성된 상기 복수의 입자를 수용하도록 구성된 수집 용기를 더 포함하는, 시스템.
- [0036] 항목 22: 항목 21에 있어서, 상기 수집 용기는 상기 수집 용기 내로 상기 분말을 끌어당기도록 구성된 진공 장치를 포함하는, 시스템.
- [0037] 항목 23: 항목 22에 있어서, 상기 수집 용기는 상기 적어도 하나의 제어기에 전기적으로 연결된 하나 이상의 센서를 포함하고, 상기 하나 이상의 센서는 생산된 상기 분말의 특성을 측정하도록 구성되고, 상기 적어도 하나의 제어기는 상기 하나 이상의 센서에 의해 검출된 정보에 기초하여 상기 적어도 하나의 구동기의 상기 하나 이상의 동작 파라미터를 수정하도록 구성되는, 시스템.
- [0038] 항목 24: 항목 23에 있어서, 상기 하나 이상의 센서는, 평균 입자 부피, 중간 입자 부피, 입자 부피 분포, 전체 분말 무게, 전체 분말 부피 및 입자의 평균 구형도(sphericity) 중 적어도 하나를 검출하도록 구성되는, 시스템.
- [0039] 항목 25: 항목 19 내지 24 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 적어도 하나의 제어기는 상기 입력 컴포넌트에 의해 목표 입자 크기를 수신하고, 선택된 크기의 입자를 생산하기 위하여 상기 구동기의 상기 하나 이상의 동작 파라미터를 자동으로 조정하도록 구성되는, 시스템.
- [0040] 항목 26: 항목 25에 있어서, 선택된 상기 목표 입자 크기는 상기 구동기가 동작 중인 동안 사용자에게 의해 동적으로 조정될 수 있는, 시스템.
- [0041] 항목 27: 금속 분말을 생산하는 방법에 있어서, 사전 결정된 회전 속도로 단련 가공된(wrought) 금속 워크피스를 회전시키는 단계; 상기 단련 가공된 금속 워크피스의 외부 표면을 사전 결정된 주파수로 절단기 인서트를 포함하는 절단기와 반복적으로 접촉시키는 단계; 및 상기 절단기 인서트와 상기 금속 워크피스의 상기 외부 표면 사이의 접촉에 의해 생산된 입자를 수집하는 단계를 포함하고, 상기 사전 결정된 회전 속도와 상기 사전 결정된 주파수는 목표 입자 크기를 갖는 입자를 획득하도록 선택되고, 수집된 상기 입자의 적어도 95%는 상기 목표 입자 크기의 10% 이내의 지름 또는 주 치수(major dimension)을 갖는, 방법.

발명의 효과

- [0042] 본 발명의 이러한 특징들 및 특성들과 다른 특징들 및 특성들은, 구조의 관련된 요소 및 부품의 조합의 동작 방법 및 기능과 제조 경제성과 함께, 유사한 도면 부호가 다양한 도면에서 대응하는 부분을 나타내고, 모두 본 명세서의 일부를 형성하는 첨부된 도면을 참조하여 이어지는 설명 및 첨부된 청구범위를 고려하여 더욱 명백하게 될 것이다. 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 바와 같이, "a", "an" 및 "the"의 단수 형태는 문맥이 명시적으로 달리 지시하지 않는다면 복수의 지시 대상을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1a는 본 개시 내용의 일 양태에 따라 세장형 부재 또는 워크피스로부터 입자를 생산하기 위한 선반 장치의 사시도이다;
- 도 1b는 도 1a의 선반 장치의 일부의 상면도이다;
- 도 2a는 본 개시 내용의 일 양태에 따라 입자를 생성하기 위한 공정을 수행하는 도 1a의 선반 장치의 측면 개략도이다;
- 도 2b는 도 1a의 선반 장치의 전면 개략도이다;
- 도 3a 내지 3c는 본 개시 내용의 일 양태에 따라 상이한 기하학적 구조를 갖는 절단기로부터 생산된 입자의 예들의 사시도이다;
- 도 4는 본 개시 내용의 일 양태에 따라 선반 장치를 이용하여 입자를 생산하기 위한 방법의 단계들을 도시하는 순서도이다;
- 도 5는 본 개시 내용의 일 양태에 따라 분말을 생성하기 위한 시스템의 개략도이다;
- 도 6a 내지 6c는 본 개시 내용의 양태들에 따라 도 1a의 선반 장치를 포함하는 분말 제조 시스템을 제어하고 그로부터 피드백을 수신하기 위한 사용자 인터페이스의 스크린을 도시한다; 그리고,
- 도 7a 내지 7c는 본 개시 내용의 방법에 따라 형성된 분말 입자의 CT 스캔에 의해 생성된 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 다음의 상세한 설명의 목적을 위하여, 명시적으로 달리 특정된 경우를 제외하고는, 본 발명은 다양한 대안적인 변형 및 단계 순서들을 가정할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 더욱이, 달리 표시된 경우를 제외하고는, 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는, 예를 들어, 입자의 크기, 지름 또는 최대 치수를 나타내는 모든 숫자들은 모든 경우에 "대략(about)"이라는 용어에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 달리 표시되지 않는다면, 다음의 명세서 및 첨부된 청구범위에서 설명된 숫자 파라미터는 본 발명에 의해 획득될 원하는 특성에 따라 변동할 수 있는 근사값이다. 적어도, 그리고 청구항들의 범위에 대하여 균등론의 적용을 제한하려는 시도가 아닌 것으로서, 각각의 숫자 파라미터는 알려진 유효 숫자의 개수에 비추어 그리고 일반적인 반올림 기술을 적용하여 해석되어야 한다.
- [0045] 본 발명의 넓은 범위를 설명하는 수치 범위 및 파라미터가 근사값이지만, 특정 예에서 설명된 수치는 가능한 한 정밀한 것으로 기록된다. 그러나, 임의의 수치는 각각의 시험 측정에서 발견되는 표준 편차로부터 필연적으로 발생하는 소정의 오차를 본질적으로 포함한다.
- [0046] 또한, 본 명세서에서 언급된 임의의 수치 범위는 그 내에 포함되는 모든 하부 범위를 포함하도록 의도된다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, "1" 내지 "10"의 범위는 1의 언급된 최소값과 10의 언급된 최대값을 포함하는 그 사이의 임의의 그리고 모든 하부 범위, 즉, 1 또는 1보다 큰 최소값으로 시작하고 10 또는 10보다 작은 최소값으로 끝나는 모든 하부 범위와 예를 들어 1 내지 6.3, 또는 5.5 내지 10, 또는 2.7 내지 6.1의 모든 하부 범위를 포함하도록 의도된다.
- [0047] 본 명세서에 사용된 바와 같이 "a", "an" 및 "the"의 단수 형태는 문맥이 명시적으로 달리 지시하지 않는다면 복수의 지시 대상을 포함한다.
- [0048] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "상부", "하부"와 같은 용어와 이의 파생어는 도면에서의 배향된 바와 같은 발명에 관련되어야 한다. "근위(proximal)"라는 용어는 다른 구조에 의해 유지되거나 다른 구조에 장착되는 물체의 일부를 나타낸다. "원위(distal)"라는 용어는 물체의 "근위" 단부로부터 반대편에 있는 물체의 일부를 나타내고, 예를 들어, 다른 구조에 의해 유지되지 않거나 다른 구조에 장착되지 않은 물체의 자유 부분 또는 단부일 수 있다. 그러나, 본 발명은 다양한 대안적인 배향을 가정할 수 있다는 것이 이해되어야 하고, 따라서 이러한 용어들은 한정하는 것으로 고려되어서는 안 된다. 또한, 명시적으로 달리 특정된 경우를 제외하고는, 본 발명은 다양한 대안적인 변형 및 단계 순서들을 가정할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 첨부된 도면에 도시되고 다음의 명세서에서 설명되는 특정 장치 및 공정은 예시라는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들에 관련된 특정 치수 및 다른 물리적 특성은 한정하는 것으로 고려되어서는 안 된다.

- [0049] 본 개시 내용은 분말을 생산하기 위하여 원료 물질 또는 공급 원료를 기계적으로 마모시키기 위한 장치(10), 방법 및 제어 시스템(100)에 관한 것이다. 분말은 바람직하게는 예를 들어 3D 프린팅 및 래피드 프로토타이핑 기계와 함께 사용하는 것과 같은 적층 제조 공정에 적합한 입자를 포함한다. 분말은 금속, 세라믹 또는 폴리머 재료로부터 형성된 입자를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 장치(10)는 입자 크기, 형태 종횡비, 밀도, 다공성 및 다른 특성에 대하여 다른 제조 공정에 의해 제공될 수 있는 것보다 더 큰 제어력을 제공한다. 입자 크기 및 형상에 대한 증가된 제어력은, 3D 프린팅 및 래피드 프로토타이핑 기계를 이용하여 수행되는 제조 공정과 같은 적층 제조 공정에 특히 유용한 것으로 여겨진다. 이전에 논의된 바와 같이, 이러한 적층 제조 공정은 일반적으로 실질적으로 균일한 형상을 갖는 유사한 크기를 구비한 입자를 포함하는 실질적인 양의 분말을 필요로 한다.
- [0050] 일부 예에서, 장치(10)는 좁거나 정확하게 제어되는 분말 크기 분포(powder size distribution(PSD))를 갖는 분말을 생산할 수 있다. 예를 들어, 생산된 분말은 복수의 입자를 포함할 수 있고, 입자의 적어도 대략 95%는 200 μm 미만의 지름 또는 최대 치수를 가지며, 바람직하게는, 입자의 적어도 95%는 크기가 대략 10 μm 내지 대략 200 μm 인 지름 또는 최대 치수를 가진다. 이론적으로는, 장치(10)는 입자의 적어도 99%가 15 μm 내지 100 μm 의 지름 또는 최대 치수를 갖는 분말을 생산할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "최대 치수(maximum dimension)"은 입자의 축을 따라 입자의 반대하는 축들에 있는 점들 사이의 입자의 중심을 통과하는 가장 긴 직선 거리를 나타낸다. 예를 들어, 구형(spherical) 입자에 대하여, 최대 치수와 지름은 동일하다. 원통형, 타원형 또는 직사각형 형상의 입자에 대하여, 최대 치수는 입자의 축 방향 길이일 수 있다.
- [0051] 일부 예에서, 분말의 입자의 적어도 95%는 목표 크기의 10% 내에 있는 지름 또는 최대 치수를 가질 수 있다. 이론적으로는, 본 명세서에 개시된 방법은 입자의 95%가 목표 크기의 1% 내에 있는 지름 또는 최대 치수를 가질 수 있다. 목표 크기는, 예를 들어, 3D 프린팅을 위한 최적 목표 크기일 수 있다. 이론에 의해 구속되려고 의도되지 않지만, 3D 프린팅을 위한 최적 크기는 재료 및 사용되는 프린팅 기계에 따라 대략 15 μm 내지 100 μm 일 수 있는 것으로 여겨진다. 예를 들어, 장치(10)는 생산된 입자의 95%가 45 $\mu\text{m} \pm 10\%$ 의 지름 또는 최대 치수를 갖는 분말을 생산하는데 사용될 수 있다. 또한, 장치(10)는 2 이상의 목표 입자 크기를 포함하는 분말을 생산하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 입자의 50%가 제1의 좁은 크기 범위 내에 있고 입자의 50%가 제1의 좁은 크기 범위와 다르게 그로부터 분리된 제2의 좁은 크기 범위 내의 있는 분말이 마련될 수 있다. 예를 들어, 입자의 50%가 20 $\mu\text{m} \pm 10\%$ 의 지름 또는 최대 치수를 갖고 입자의 50%가 80 $\mu\text{m} \pm 10\%$ 의 지름 또는 최대 치수를 갖는 분말이 생산될 수 있다. 장치(10)는 선택된 입자 크기 또는 크기들을 갖는 분말을 생산할 수 있다. 사용자는 단지 새로운 입자 크기를 시스템에 입력함으로써 원하는 입자 크기 또는 형상을 용이하게 변경할 수 있다.
- [0052] 이론에 의해 구속되려고 의도되지 않지만, 입자 형상 또는 형태는 적층 제조 공정에서의 입자 유동율에 관련된다고 여겨진다. 특히, 소정의 균일한 형상의 입자는 상이하거나 불균일한 형상을 갖는 입자를 포함하는 분말보다 3D 프린팅 기계를 통해 더욱 용이하게 유동한다고 여겨진다. 장치(10)는 높은 민감도로 입자 형태를 제어하기 위한 기구를 제공한다. 따라서, 장치(10)는 적층 제조 공정에서 증가된 유동률에 최적화된 입자를 생산하기 위하여 사용될 수 있다.
- [0053] 또한, 장치(10)는 다공성을 도입하지 않고 다양한 형태 및 종횡비를 갖는 입자를 생산할 수 있다. 형성된 입자의 형태가 만족스럽지 않다면, 본 명세서에 개시된 방법에 의해 생산된 입자는 후처리 기술에 의해 더욱 구형으로 제조될 수 있다. 또한, 본 명세서에 개시된 방법에 의해 생산된 입자는 일반적으로 다른 방법에 의해 생산된 입자에 비하여 낮은 다공성을 갖는다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "낮은 다공성 재료(low porosity material)"는 세공(pore), 캐비티, 빈 공간, 개구 또는 틈(crevice)이 실질적으로 없는 내부 덩어리 또는 벌크 부분을 갖는 재료이다. 특히, 장치(10)에 의한 입자의 형성이 다공성을 도입하지 않기 때문에, 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법에 의해 형성된 입자는 원료 물질 또는 위크피스(12)와 실질적으로 동일한 다공성을 가진다. 또한, 장치(10)에 의해 형성된 입자는 미립자화 방법에 의해 형성된 입자보다 밀도가 더 높다. 일부 경우에, 적층 제조를 위하여 밀도가 더 높은 입자를 이용하는 것은 다공성을 제거하기 위하여 성형되거나 프린팅된 물품의 후처리에 대한 필요성을 감소시키거나 제거할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 개시된 분말을 이용하여 제조된 성형된 물품은 적층 제조 동안 종래에 수행되는 바와 같이 열간 정수압 소결법(hot isostatic pressing)에 의해 처리될 필요가 없을 수 있다.
- [0054] 이론에 의해 구속되려고 의도되지 않지만, 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법은 또한 미립자화에 의해 형성된 입자에 비교하여 소정의 화학적 이점들을 갖는 분말 입자를 생산한다고 여겨진다. 예를 들어, 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법은 분말의 형성 동안 원료 물질 또는 공급 원료의 상 조성(phase composition)을 변경하지 않는다. 따라서, 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법은, 미립자화에 의해 요구되는 추가 처리 단계들 없이, 용접 가능하지 않은 재료로부터 분말을 형성하기 위하여 사용될 수 있다. 용접 가능하지 않은 재료는 높은

용융 온도의 금속 합금(예를 들어, 7000 시리즈 알루미늄 합금) 및 높은 용융 온도를 갖는 가공 폴리머(engineered polymer)를 포함할 수 있다. 높은 용융 온도의 재료는 이러한 재료로부터 형성된 침전물이 가열 또는 용접 동안 용액 내로 다시 용해되는 경향이 있기 때문에 용접 가능하지 않을 수 있다. 그 경우에, 용액은 침전물이 용액으로부터 다시 가라앉게 숙성되도록 허용될 필요가 있을 수 있다. 유사한 방식으로, 높은 용융점 재료의 미립자화는 또한 침전물이 용액 내로 용해되게 한다. 침전물을 개선하기 위하여, 일부 미립자화 공정은 용액을 재용융하며, 다른 것들은 용액을 완전히 용융하는 것을 방지한다(예를 들어, 바인더 제트 및 저온 분사(cold spray) 공정). 대조적으로, 하나의 특정 예에서, 용접 가능하지 않은 합금(예를 들어, 7000 시리즈 알루미늄)으로부터 형성된 불규칙한 형상의 분말은 저온 분사 공정에 의해 프린팅될 수 있다. 유리하게는, 분말 입자의 상 조성은 형성 공정 동안 유지된다. 또한, 상 조성은 역시 저온 공정인 바인더 제트 동안 보존될 것이다.

[0055] **입자 생산 선반 장치(lathe device)**

[0056] 도 1a 내지 2b는 벌크 재료로 형성된 세장형(elongated) 워크피스(workpiece)(12)로부터 입자를 생산하는 분말 생산 선반 장치(10)를 도시한다. 선반 장치(10)는 높은 정도의 제어 가능성으로 워크피스(12)로부터 실질적으로 균일한 사전 결정된 크기 또는 PSD의 입자를 생산하도록 구성된다. 워크피스(12)는 일반적으로 제1 또는 근위 단부(14), 제2 또는 원위 단부(16) 및 근위 단부(14)와 원위 단부(16) 사이에 연장하는 세장형 몸체(18)를 포함하는 세장형 부재이다. 워크피스(12)는 워크피스(12)의 벌크 재료로부터 제어 가능한 크기의 입자를 생산하기 위하여 기계적으로 마모되거나, 절단되거나, 스크래핑되거나, 기계 가공되거나, 타격되거나, 둥근 끝으로 세공되거나(gouged), 조각되거나 아니면 접촉되도록 구성된 벌크 재료 또는 공급 원료의 공급원 역할을 한다. 워크피스(12)는 세장형 부재 또는 로드(rod)로 단련 가공되거나(wrought), 주조되거나 또는 압출될 수 있는 재료로 형성된다. 재료는 일반적으로 고품질 또는 고급 품질을 가지며, 알려진 조성의 오염 물질이 없는 순수 재료일 수 있다. 일부 예에서, 재료는 재활용된 재료일 수 있다. 재료는 강철, 니켈, 알루미늄, 티타늄, 플래티넘, 레늄, 니오븀 및 이들의 합금과 같은 금속 재료일 수 있다. 재료는 7000 시리즈 알루미늄과 같은 고성능 또는 고용용점 합금일 수 있다. 다른 경우에, 워크피스(12)는 우라늄, 희토류 원소, 폴리머 및 세라믹을 포함할 수 있다. 예를 들어, 재료는 Solvay SA에 의해 제조된 Torlon® 폴리아미드-이미드와 같은 가공 폴리머일 수 있다. 일부 예에서, 미립자화에 의해 영향을 받을 수 있는 침전물 강화 강화제를 갖는 재료가 어떠한 문제도 제기하지 않고 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법과 함께 사용될 수 있다.

[0057] 일부 예에서, 선반 장치(10)는 입자의 형성 동안 워크피스(12)의 근위 단부(14)를 수용하고 안전하게 유지하도록 구성된 리테이너 어셈블리(20)를 포함한다. 예를 들어, 리테이너 어셈블리(20)는 워크피스(12)를 제자리에 유지하기 위하여 근위 단부(14) 주위로 워크피스(12)를 수용하고 조이도록 구성된 클램프, 조(jaw), 걸쇠(clasp), 바이스(vise) 또는 유사한 커넥터를 포함하는 구조와 같은 환형 잠금 구조(22)를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 리테이너 어셈블리(20)는 선택된 회전 속도로 워크피스(12)를 회전시키도록 구성된 구동 기구 또는 구동기(24)를 더 포함하거나 이에 결합된다. 예를 들어, 구동기(24)는 회전 벨트 또는 구동 샤프트(28)에 기계적으로 결합된 회전 스프들(26)을 포함할 수 있다. 벨트 또는 구동 샤프트(28)는 모터(30)(도 2a에 도시됨)에 결합되고 이에 의해 구동될 수 있다. 사용 시, 모터(30)의 회전은 벨트 또는 구동 샤프트(28)를 통해 워크피스(12)로 전달된다. 일부 예에서, 모터(30)는 워크피스가 예를 들어 화살표 A1(도 2a 및 2b에 도시됨)의 방향으로 완전히 회전하게 한다. 대안적으로, 워크피스(12)는 앞뒤로 진동하게 될 수 있다. 예를 들어, 구동 기구(24)는 워크피스(12)가 제 1 방향(화살표 A1으로 도시됨)으로 90° 이상 회전한 다음 제2 방향(화살표 A2로 도시됨)으로 90° 이상 회전하게 할 수 있다. 일부 예에서, 구동기(24)는, 본 명세서에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 워크피스(12)의 표면적의 더 많은 부분을 절단기 어셈블리(34, 36)에 노출시키기 위하여 워크피스(12)를 축 방향(화살표 A3으로 도시됨)으로 앞뒤로 이동시키기 위한 선형 액추에이터(32)를 더 포함 할 수 있다.

[0058] 선반 장치(10)는 입자를 생산하기 위하여 워크피스(12)의 몸체(18)를 접촉하도록 구성된 절단기(38)를 포함하는 절단기 어셈블리(34, 36) 또는 도구 홀더를 더 포함한다. 절단기(38)는 생산되는 입자의 크기 및 형상에 따라 다양한 형상 및 구성을 가질 수 있다. 예를 들어, 워크피스(12)를 접촉하는 절단기(38)의 선단 예지는, 예를 들어, 평평하거나, 삼각형 형상이거나, 둥근 형상일 수 있다. 다른 형상의 절단기(38)가 다른 형태를 갖는 입자를 생성하는 것으로 여겨진다.

[0059] 상이한 형상을 갖는 절단기(38)에 의해 생산된 입자의 다수의 예가 도 3a 내지 3c에 도시된다. 도 3a 내지 3c는 상이한 형상의 절단기(38)가 상이한 형태를 갖는 입자를 생산하는 방법을 설명하기 위한 것이다. 예를 들어, 도 3a의 입자(90)는 둥근 선단 예지를 갖는 절단기(38)에 의해 생산된다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 입자(90)는 둥근 팁(62)으로 연장하는 원형 또는 타원형 베이스(60)를 포함한다. 입자(90)는 베이스(60)와 팁(62) 사이에서 연장하는 대향하는 만곡된 측면(64)을 더 포함한다. 특히, 둥근 절단기(38)는 여러 차원 또는 방향으로 만곡하

는 만곡된 측면(64)을 생성한다.

- [0060] 도 3b는 평평한 선단 에지를 갖는 절단기(38)에 의해 형성된 입자(90)의 예이다. 입자(90)는 둥근 팁(68)으로 연장하는 직사각형 베이스(66)를 포함한다. 도 3b의 입자(90)는 베이스(66)로부터 팁(68)으로 연장하는 만곡된 표면(70)을 더 포함한다. 만곡된 표면(70)은 한 방향 또는 차원으로 만곡한다. 또한, 입자(90)는 절단기(38)의 평평한 면에 의해 형성된 대향하는 평평한 측면(72)을 포함한다.
- [0061] 도 3c는 삼각형 팁을 갖는 절단기(38)에 의해 형성된 입자(90)를 도시한다. 입자(90)는 아치형 베이스(74)를 포함한다. 입자(90)는 베이스(74)로부터 중앙 에지(80)를 향하여 연장하는 만곡된 표면(76, 78)을 더 포함한다. 일반적으로, 삼각형 팁은 입자(90) 상에 단단한 에지 또는 중앙 에지(80)를 생성하여, 전술한 둥글거나 평평한 절단기(38)에 의해 제공되는 것보다 더 복잡한 형상을 제공한다. 또한, 분말 입자에 더 복잡한 형태를 부여하기 위하여, 더 홈(groove), 융기부(ridge), 돌출부(protrusion) 및 표면의 더 복잡한 배열을 포함하는 다른 절단기 디자인이 본 개시 내용의 범위 내에서 선반 장치(10)와 함께 사용될 수 있다.
- [0062] 일부 예에서, 절단기 어셈블리(34, 36)는 다양한 위치에서 또는 다양한 배향으로 워크피스(12)를 접촉할 수 있다. 예를 들어, 절단기 어셈블리(34, 36)는 접촉 위치를 조정하기 위하여 워크피스(12)에 대하여 회전하거나 경사질 수 있다. 접촉 위치를 조정하는 것은 상이한 형태를 갖는 입자를 생산할 수 있다. 따라서, 절단기 어셈블리(34, 36)의 조정 가능성은 생산된 입자의 형태에 대하여 더 큰 제어력을 제공하고, 특히, 생산되는 입자의 형상에서 더 큰 민감도와 선택도를 가능하게 할 수 있다.
- [0063] 일부 예에서, 다수의 절단기 어셈블리(34, 36)가 단일 입자를 형성하기 위하여 워크피스(12)를 접촉하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 패스(pass) 동안, 절단기 어셈블리(34)는 워크피스(12)의 표면에 대한 홈 및 융기부의 소정의 텍스처 패턴 또는 배열을 생성하기 위하여 워크피스(12)를 접촉할 수 있다. 그 다음 동일한 절단기 어셈블리 또는 제2 절단기 어셈블리(36)가 워크피스(12)의 텍스처링되거나 홈이 형성된 표면으로부터 입자를 생성하기 위하여 제2 패스 동안 워크피스(12)의 표면을 접촉할 수 있다. 다수의 패스로 입자를 형성하는 것은 입자 형상에 대하여 더 큰 제어력을 제공하며, 일부 경우에, 선반 장치(10)가 단일 패스에서는 생성될 수 없는 고유의 형태를 갖는 입자를 생산하게 할 수 있다.
- [0064] 일부 예에서, 선반 장치(10)는 생산성과 효율성을 개선하기 위하여 워크피스(12)의 상이한 부분들을 접촉하도록 구성된 2 이상의 절단기 어셈블리(34, 36)를 포함할 수 있다. 효율성은 산업적 적용을 위하여 선반 장치(10)를 개조할 때 특히 중요하다. 예를 들어, 산업적 적용을 위하여 효율적이게 되기 위하여는, 선반 장치(10)는 합리적인 기간 내에 100 kg 이상의 분말을 생산할 수 있을 필요가 있을 수 있다. 예를 들어, 선반 장치(10)는 워크피스(12)의 길이를 따라 제2 절단기 어셈블리(36)로부터 거리 D1만큼 축 방향으로 이격된 제1 절단기 어셈블리(34)를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 2개의 절단기 어셈블리(34, 36)의 절단기(38)는 각각 워크피스(12)의 동일한 원주 위치를 접촉한다(예를 들어, 어셈블리(34, 36)의 절단기(38)는, 예를 들어, 3시 또는 90도 위치에서, 워크피스(12)를 접촉하도록 배치될 수 있다). 다른 예에서, 2개의 절단기 어셈블리(34, 36)는 상이한 원주 위치에서 워크피스(12)를 접촉할 수 있다. 예를 들어, 제1 절단기 어셈블리(34)는 3시 위치에서 워크피스를 접촉할 수 있고, 제2 절단기 어셈블리(36)는 9시 위치에서 워크피스를 접촉할 수 있다.
- [0065] 절단기 어셈블리(34, 36)는, 예를 들어, 왕복형 로드 또는 공진 구조(42)에 의해 적어도 하나의 절단기(38)에 기계적으로 결합된 적어도 하나의 왕복형 구동기 또는 구동 기구(40)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 공진 구조(42)는, 예를 들어, 20 kHz의 주파수로 여기되는 튜닝된 소노트로드(sonotrode)일 수 있다. 구동 기구(40)는 화살표 A4(도 2a 및 2b에 도시됨)의 방향으로 워크피스(12)와 접촉하고 이로부터 멀어지게 절단기(38)를 왕복 운동시키도록 구성된다. 예를 들어, 구동 기구(40)는 대략 10 kHz 내지 대략 30 kHz의 낮은 초음파 주파수로, 바람직하게는 대략 20 kHz로 절단기(38)를 운동시키도록 구성될 수 있다. 다른 예에서, 절단기(38)는 30 kHz 내지 40 kHz 이상의 더 높은 주파수로 동작하도록 구성될 수 있다. 또한, 구동 기구(40)는 선택된 진폭 또는 깊이에 따라 워크피스(12)를 향하여 그 내로 절단기(38)를 이동시키도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 절단기(38)의 "진폭(amplitude)"은 각각의 진동 또는 사이클 동안 절단기(38)가 얼마나 멀리 이동하는지를 나타낸다. 진폭이 더 커질수록, 절단기(38)는 워크피스(12) 내로 더 멀리 구동된다. 워크피스(12) 내로 더 멀리 절단기(38)를 구동하는 것은 더 큰 입자를 생산한다. 또한, 본 명세서에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 절단기(38)의 진폭 또는 이동은 워크피스(12)의 기하학적 구조에서의 변화를 처리하도록 선반 장치(10)의 동작 동안 조정될 필요가 있을 수 있다. 예를 들어, 입자가 형성되고 있는 것에 따라 워크피스(12)의 지름은 감소한다. 따라서, 일관된 크기의 입자를 계속 제공하기 위하여, 절단기(38)의 위치 또는 워크피스 속도(12)의 지름 D5에서의 변화에 따라 업데이트되어야만 한다. 본 명세서에 개시된 선반 장치(10) 및 제어 시스템

템(100)은 워크피스(12)의 지름 D5에서의 이러한 변화를 자동으로 처리하도록 구성될 수 있다.

[0066] 선반 장치(10)는, 예를 들어, 절단기(38)와 워크피스(12) 사이의 접촉에 의해 형성된 입자를 수용하기 위한 수집 용기 또는 호퍼(44)(도 2a 및 2b에 도시됨)를 포함하는 분말 수집 시스템(45)을 더 포함할 수 있다. 일부 경우에, 호퍼(44)는 중력 공급형이며, 이는 워크피스(12)로부터 형성된 입자가 중력에 의해 호퍼(44) 내로 낙하한다는 것을 의미한다. 다른 예에서, 분말 수집 시스템(45)은 입자를 호퍼(44) 내로 끌어당기기 위한 다양한 흡입 또는 진공 어셈블리를 포함할 수 있다. 예를 들어, 흡입 장치 또는 진공 펌프(46)(도 2a 및 2b에 도시됨)가 입자를 워크피스(12)로부터 멀리 호퍼(44) 내로 끌어당기도록 제공될 수 있다. 또한, 충분한 양의 분말이 생산되면, 흡입이 호퍼(44)를 비우기 위하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 흡입은 입자를 배출구 또는 출구 포트를 통해 호퍼(44)로부터 다른 저장 용기 내로 끌어당기기 위하여 사용될 수 있다.

[0067] 일부 예에서, 선반 장치(10)는 워크피스(12)를 향하여 하나 이상의 방사선 빔을 지향시키도록 구성된 하나 이상의 방사선 소스(48)(도 2a에 개략적으로 도시됨)를 더 포함한다. 예를 들어, 방사선 소스(48)는 레이저 빔일 수 있다. 절단기(38)에 의해 접촉되는 워크피스(12)의 부분에 근접하여 워크피스(12)에 방사선을 인가하는 것은 워크피스(12)의 표면으로부터의 입자 제거를 돕거나 향상시키는 것으로 여겨진다. 예를 들어, 레이저 빔은 워크피스(12)의 표면을 연화시키거나 약화시키기 위하여 워크피스(12)로 지향될 수 있다. 이러한 방식으로 워크피스(12)의 표면을 처리하는 것은 워크피스(12)로부터 입자를 분리하기 위하여 절단기(38)에 의해 인가되어야만 하는 힘을 감소시킨다.

[0068] **분말 생산 방법**

[0069] 선반 장치(10) 및 워크피스(12)가 설명되었고, 이제 선반 장치(10)를 이용하여 분말을 생산하기 위한 방법이 상세히 설명될 이다. 분말을 생산하는 방법을 수행하기 위한 단계들의 순서도가 도 4에 도시된다. 일부 경우에, 도 4의 방법의 단계들 중의 많은 단계들은 선반 장치(10)와 연관된 자동화된 제어 시스템에 의해 자동으로 수행된다. 특히, 선반 장치(10)의 동작 파라미터들을 선택하고 조정하기 위한 단계들 중의 많은 단계들은 자동으로 수행될 수 있다. 일부 경우에, 사용자는 형성될 분말에 관하여 제어기 또는 제어 시스템에 명령을 제공할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 형성될 분말에 대한 목표 크기, 크기 분포 또는 PSD를 수동으로 입력할 수 있다. 또한, 사용자는 생성될 분말의 전체 부피 또는 질량을 입력할 수 있다. 그 경우에, 제어기 또는 제어 시스템은 선택된 특성을 갖는 분말을 생산하기 위하여 동작 파라미터 또는 프로그램을 계산하고 프로그램을 수행하기 위하여 선반 장치(10)에 동작 명령을 발행하도록 구성될 수 있다. 특정 양의 분말이 생산되고 프로그램이 완료되면, 제어기 또는 제어 시스템은 구동기(24)를 끄도록 구성될 수 있고, 일부 경우에 분말의 생산이 완료되었다는 통지를 사용자에게 제공하도록 구성될 수 있다.

[0070] 다른 예에서, 방법의 일부 양태는 수동으로 수행되거나 제어될 수 있다. 예를 들어, 사용자는 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 수동으로 입력하고, 분말 생산을 시작하도록 선반 장치(10)를 켜고, 충분한 양의 분말이 생산되었을 때 선반 장치(10)를 수동으로 끌 수 있다.

[0071] 분말 생산 방법은 초기에, 단계 410에서, 생산될 분말에 대한 입력을 수신하거나 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 이전에 논의된 바와 같이, 입력은 목표 입자 크기 또는 분말 크기 분포(PSD)를 포함할 수 있다. 또한, 입력은 재료의 종류, 재료의 밀도, 워크피스의 질량, 길이, 지름 또는 선반 장치(10)의 동작을 제어하는데 필요한 임의의 다른 특성과 같은 워크피스에 관한 정보를 포함할 수 있다. 또한, 입력은 얼마나 많은(예를 들어, 전체 질량 또는 부피) 분말이 생산되어야만 하는지에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0072] 단계 412에서, 세장형(elongated) 워크피스(12)가 선반 장치(10)에 제공된다. 이전에 논의된 바와 같이, 워크피스(12)는 일반적으로 주조되거나, 단련 가공되거나(wrought), 압출될 수 있는 재료로 형성된 세장형 부재 또는 로드이다. 일부 예에서, 워크피스(12)를 제공하는 단계는, 도 1a 및 1b에 도시된 바와 같이, 선반 장치(10)와 함께 사용하기에 적합한 길이로 워크피스(12)를 절단하는 단계와, 선반 장치(10)의 리테이너 어셈블리(20) 내로 워크피스(12)의 단부(14)를 삽입하는 단계를 포함한다.

[0073] 단계 414에서, 워크피스(12)의 특성이 결정될 수 있다. 대부분의 경우에, 이러한 결정은 자동으로 발생할 것이다. 예를 들어, 선반 장치(10)는 워크피스(12)의 기하학적 구조를 결정하기 위하여 워크피스(12)를 스캔하도록 구성될 수 있다. 워크피스(12)를 스캔하기 위하여, 선반 장치(10)는 워크피스(12)의 이미지를 획득하는 하나 이상의 광학 센서를 포함할 수 있다. 이미지는, 예를 들어, 워크피스(12)의 길이 L2 및 지름 D5(도 2a 및 2b에 도시됨)을 결정하기 위하여 처리될 수 있다. 본 명세서에서 상세히 설명되는 바와 같이, 워크피스(12)의 길이 L2 및 지름 D5는 절단기 어셈블리(34, 36)의 운동을 제어하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 지름 D5는 절단기 어

셈블리(34, 36)에 대한 진폭을 결정하기 위하여 관련될 수 있다. 다른 예에서, 워크피스(12)의 기하학적 구조에 관한 정보는 사용자에게 의해 선반 장치(10)로 제공될 수 있다. 예를 들어, 사용자는 워크피스(12)의 길이, 지름, 형상 및 제어 시스템(100)에 의한 처리를 위한 다른 특징에 관한 정보를 수동으로 입력할 수 있다.

[0074] 단계 416에서, 방법은 생산될 분말에 대한 입력(예를 들어, 입자 크기 및 분말의 전체 부피 또는 질량)과 워크피스(12)의 결정된 기하학적 구조에 기초하여 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함한다. 선반 장치(10)의 동작 파라미터는, 예를 들어, 절단기 어셈블리(34, 36)의 왕복 속도 또는 주파수 및 워크피스(12)에 대한 절단기(38)의 진폭을 포함할 수 있다. 또한, 동작 파라미터는 리테이너 어셈블리(20)에 의해 제어되는 워크피스(12)의 회전 속도 또는 축 방향 이동 속도를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 동작 파라미터는 주어진 입자 크기 및 워크피스 지름에 대하여 선반 장치(10)에 대한 최적화된 동작 파라미터를 제공하는 캘리브레이션 곡선 또는 캘리브레이션 식으로부터 계산되거나 룩업 테이블로부터 획득될 수 있다. 룩업 테이블 및/또는 캘리브레이션 곡선에서의 값들은 실험적으로 결정될 수 있다. 대안적으로, 이러한 값들은, 예를 들어, 워크피스(12)와 절단기(38)를 모델링하기 위한 컴퓨터 모델링 소프트웨어를 이용하여 수학적으로 유도될 수 있다.

[0075] 목표 입자 크기 또는 분포를 성취하기 위한 동작 파라미터가 결정되면, 단계 418에서, 선반 장치(10)는 결정된 동작 파라미터로 입자를 생산하기 위한 프로그램 또는 명령어를 실행하도록 자동 또는 수동으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어 시스템(100)은 결정된 파라미터에 대하여 선반 장치(10)의 동작 파라미터를 자동으로 조정하도록 구성될 수 있다. 다른 예에서, 사용자는 적합한 인터페이스 장치를 이용하여 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 수동으로 선택하거나 입력할 수 있다.

[0076] 단계 420에서, 방법은 입자를 생산하기 위하여 세장형 워크피스(12)의 외부 표면을 왕복형 절단기(38)와 반복적으로 접촉시키는 단계를 더 포함한다. 특히, 선반 장치(10)는 원하는 크기와 형상의 입자를 형성하기 위하여 동작 파라미터에 따라 리테이너 어셈블리(22) 및 절단기 어셈블리(34, 36)의 구동 기구(24, 40)를 동작시킬 수 있다. 특히, 절단기 어셈블리(34, 36)는 특정 크기 및 형상의 입자를 생산하기 위하여 충분한 주파수로 동작할 수 있다. 일부 예에서, 이전에 논의된 바와 같이, 선반 장치(10)의 리테이너 어셈블리(22)는 절단기(38)에 의해 접촉되고 있을 때 워크피스(12)를 회전시킨다. 워크피스(12)를 회전시키는 것은 워크피스(12)의 표면의 상이한 부분들을 절단기(38)에 노출시킨다. 유리하게는, 워크피스(12)의 상이한 부분들을 절단기(38)에 노출시키는 것은 워크피스가 생산 공정 동안 균일하게 마모되는 것을 보장한다.

[0077] 단계 422에서, 절단기(38)와 워크피스(12) 사이의 접촉으로부터 생산된 입자가 선반 장치(10)의 수집 용기 또는 호퍼(44) 내에 수집된다. 예를 들어, 이전에 논의된 바와 같이, 워크피스(12)로부터의 입자는 중력에 의해 수집 용기 또는 호퍼(44) 내로 낙하할 수 있다. 다른 예에서, 흡입 또는 진공 시스템이 생산된 입자를 수집 용기 또는 호퍼(44) 내로 끌어 당기는데 사용될 수 있다.

[0078] 단계 424에서, 수집된 입자는 수집 용기(44) 내에 위치한 센서에 의해 특성화될 수 있다. 예를 들어, 센서는 입자 크기, 형상 및 다른 특성을 검출하는데 사용될 수 있다. 일부 경우에, 검출된 특성은 단계 410에서 수신된 사용자 입력에 비교될 수 있다. 수집된 입자가 수신된 입력과 다르다면, 선반 장치(10)의 동작 파라미터는 이러한 차이를 처리하기 위하여 동적으로 조정될 수 있다. 예를 들어, 입자가 너무 작다면, 더 큰 입자가 생산되도록, 절단기 진폭이 증가될 수 있고 그리고/또는 회전 주파수가 증가될 수 있다.

[0079] 일부 경우에, 선반 장치(10)의 동작 파라미터는 선반 장치(10)가 사용 중인 동안 동적으로 조정될 수 있다. 예를 들어, 선반 장치(10)는 초기 또는 제1 기간 동안 초기 동작 파라미터로 설정될 수 있다. 초기 또는 제1 기간 이후에, 동작 파라미터는 변경되어, 선반 장치(10)가 다른 크기 또는 형상의 입자를 생산하게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 선반 장치(10)는 입자의 실질적인 부분이 2 이상의 개별 목표 입자 크기 또는 크기 범위 내에 있는 분말을 생산하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 이전에 설명된 바와 같이, 입자의 50%가 제1 범위(예를 들어, 20 μm 내지 30 μm 의 지름을 갖는 입자) 내에 있고 입자의 50%가 제2 범위(예를 들어, 70 μm 내지 80 μm) 내에 있는 분말이 생산될 수 있다. 일부 경우에, 형성된 입자의 작은 부분은 어느 범위에도 있지 않을 수 있다.

[0080] 단계 426에서, 방법은 입자가 생산되고 있을 때 워크피스(12)를 모니터링하는 단계를 더 포함할 수 있다. 선반 장치(10) 및 제어 시스템(100)은 절단기(38)와의 반복된 접촉으로 인한 워크피스(12)의 기하학적 구조에서의 변화를 추적하도록 구성될 수 있다. 이전에 논의된 바와 같이, 입자가 생산되고 있을 때, 워크피스(12)의 지름은 감소할 수 있다. 방법은 워크피스(12)의 지름에서의 이러한 변화를 처리하기 위하여 선반 장치(10)의 동작 파라미터를 주기적으로 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 워크피스(12)는 워크피스(12)가 균일하게 마모되고 원통 형상을 실질적으로 유지하는 것을 보장하기 위하여 모니터링될 수 있다. 워크피스(12)가 균일하게 마모되고 있지 않다고 판단되면, 절단기 어셈블리(34, 36)는 더욱 균일한 마모를 고무시키기 위하여 워크피스(1

2)의 상이한 영역들을 접촉하도록 이동될 수 있다.

[0081] 단계 428에서, 일부 예에서, 분말이 생산된 후에, 방법은, 선택적으로, 예를 들어, 열 및/또는 마찰력을 입자에 인가함으로써 복수의 입자를 구형화하는(spheroidizing) 단계를 더 포함한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 구형화(spheroidization)는, 구형(sphere)에 더 가까이 닮도록 형성된 입자의 형상에 영향을 미치기 위한 다수의 화학적, 열적 또는 기계적 공정 중 임의의 공정을 나타낸다. 구형 입자는, 특히 미세 입자에 대하여, 비구형 입자보다 일반적으로 더 나은 유동성을 가진다. 미세 입자는 일반적으로 더 큰 입자에 비하여 열악하게 유동한다. 미세 입자를 구형으로 만드는 것은 유동성을 개선한다. 또한, 본 명세서에 개시된 장치(10) 및 방법은 입자에 표면 오염물을 유입하는 것으로 여겨지지 않지만, 입자를 구형화하는 것은 또한 입자를 정제하고 그리고/또는 임의의 오염물을, 존재하는 경우에, 입자의 표면으로부터 방출할 것이다.

[0082] 이론에 의해 구속되려고 의도되지 않지만, 매우 균일한 구형 입자는 소정의 적층 제조 공정에 대하여 바람직할 수 있다고 여겨진다. 특히, 구형 입자는 종종 현재 사용 가능한 레이저 분말 베드(bed) 공정과 함께 사용하는데 산업적으로 바람직하다. 다른 적층 제조 공정은 형태에 민감하지 않거나 비구형 입자를 선호할 수 있다. 이전에 논의된 바와 같이, 상이한 절단기 어셈블리(34, 36)가 소정의 비구형 형상을 획득하는데 사용될 수 있다. 또한, 다른 처리 기술이 다른 비구형 입자의 형태를 획득하기 위하여 형성된 입자에 적용될 수 있다.

[0083] **분말 생산 시스템**

[0084] 선반 장치(10) 및 분말 생산 방법이 설명되었고, 이제 분말을 생산하기 위하여 선반 장치(10)를 제어하기 위한 제어 시스템(100)의 전기 컴포넌트가 상세히 설명될 것이다. 시스템(100)의 개략도가 도 5에 도시된다. 시스템(100)은 입자를 생산하기 위하여 절단기(38)에 의해 접촉되도록 구성된 워크피스(12)를 포함하는 선반 장치(10)를 포함한다. 시스템(100)은 선반 장치(10)의 전기기계 컴포넌트에 전기적으로 결합된 제어기(110)를 더 포함한다. 예를 들어, 제어기(110)는 적어도 리테이너 어셈블리(20)의 구동 기구 또는 구동기(24) 및 절단기 어셈블리(34, 36)의 왕복형 구동 기구(40)에 전기적으로 결합될 수 있다. 제어기(110)는 선반 장치(10)의 컴퓨터 프로세서 또는 선반 장치(10)와 유선 또는 무선 통신하는 개별 전자 장치의 프로세서일 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 제어기(110)는 컴퓨터 태블릿, 단말기, 랩탑, 데스크탑 또는 당해 업계에 알려져 있는 유사한 컴퓨터 장치와 같은 휴대용 또는 고정식 컴퓨터 장치(112)와 연관될 수 있다.

[0085] 또한, 제어기(110)는 사용자 선택 및 동작 명령을 수신하기 위한 하나 이상의 입력 컴포넌트(114)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 입력 컴포넌트(114)는 선반 장치(10)의 버튼 및/또는 터치 스크린 디스플레이를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 입력 컴포넌트(114)는 휴대용 또는 고정식 컴퓨터 장치(112)의 키보드, 마우스, 터치 스크린 디스플레이 또는 유사한 데이터 입력 액세스리일 수 있다. 다른 예에서, 입력 컴포넌트(114)는 원격 전자 장치 및 네트워크로부터 명령을 수신하도록 구성된 유선 또는 무선 통신 인터페이스(116)일 수 있다. 예를 들어, 사용자는 원격 컴퓨터 장치를 이용하여 명령을 입력할 수 있다. 입력된 명령은 통신 인터페이스(116)를 통해 제어기(110)로 송신되고 이에 의해 수신될 수 있다.

[0086] 일부 예에서, 적어도 하나의 제어기(110)는 입력 컴포넌트(114)를 통해 사용자로부터 동작 명령을 수신한다. 동작 명령은 수동으로 입력된 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 절단기 어셈블리(34, 36)에 대한 주파수 또는 진폭을 수동으로 입력할 수 있다. 그 경우에, 제어기(110)는 선반 장치(10)에 명령을 전송하여 선반 장치(10)가 수동으로 입력된 파라미터에 따라 동작하도록 하도록 구성될 수 있다.

[0087] 다른 예에서, 도 4에서 단계 410과 관련하여 설명된 바와 같이, 사용자는 생산될 입자 또는 분말에 관한 정보를 입력한다. 예를 들어, 사용자는 목표 입자 크기 및 목표 입자 크기의 분포를 입력할 수 있다. 제어기(110)는 사용자로부터 수신된 입력에 기초하여 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 동작 파라미터는 룩업 테이블 또는 캘리브레이션 곡선에서의 값으로부터 그리고 목표 입자 크기 또는 분포와 워크피스(12)의 기하학적 구조에 기초하여 결정되거나 계산될 수 있다. 새로운 동작 파라미터가 알려지거나 결정되면, 제어기(110)는, 선반 장치(10)가 새로운 동작 파라미터에 따라 동작하도록, 선반 장치(10)의 동작 파라미터를 설정하거나 조정하도록 구성될 수 있다.

[0088] 일부 예에서, 시스템(100)은 제어기(110)에 전기적으로 결합된 센서(118, 120)를 더 포함한다. 예를 들어, 시스템(100)은 워크피스(12)를 스캔하기 위하여 선반 장치(10)에 배치된 센서(118)를 포함할 수 있다. 센서(118)는 절단기 어셈블리(34, 36) 또는 리테이너 어셈블리(20)에 근접하여 선반 장치(10)에 장착될 수 있다. 센서(118)는 워크피스(12)의 이미지를 획득하도록 구성된 광학 센서일 수 있다. 이미지는, 예를 들어, 워크피스(12)의 지름 및/또는 길이를 결정하도록 처리될 수 있다. 센서(118)로부터의 정보는 절단기 어셈블리(34, 36)와의 반복

접촉에 의해 발생하는 워크피스(12)의 기하학적 구조에서의 변화를 모니터링하기 위하여 제어기(110)에 의해 수신되고 처리될 수 있다.

[0089] 또한, 시스템(100)은 수집 용기 또는 호퍼(44) 근처에 또는 그 내에 배치된 센서(120)를 포함할 수 있다. 센서(120)는 생산된 입자의 특성을 나타내는 정보를 검출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서(120)는 수집 용기(44) 내로 낙하하는 입자가 센서(120)의 시야 내에 통과하도록 수집 용기 또는 호퍼(44)의 개구 근처에 배치될 수 있다. 센서(120)는 시야를 통과하는 입자에 관한 정보를 검출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 이러한 센서(120)는 평균 입자 부피, 중간 입자 부피, 입자 부피 분포 또는 입자의 평균 구형도(sphericity)를 포함하는 입자의 특성을 측정하도록 구성될 수 있다. 또한, 시스템(100)은 생산된 분말의 양을 측정하기 위하여 호퍼(44) 내에 배치되거나 이와 연관된 센서(122)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서(122)는 생산된 분말의 전체 질량을 측정하기 위한 저울을 포함할 수 있다. 또한, 센서(122)는 생산된 분말의 전체 부피를 측정하도록 구성될 수 있다.

[0090] 일부 예에서, 제어기(110)는 센서(118, 120, 122)에 의해 검출된 정보를 수신하고 수신된 정보에 기초하여 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 조정하도록 구성될 수 있다. 이러한 방식으로, 센서(118, 120, 122)에 대한 정보는 선반 장치(10)의 동작을 최적화하거나 조정하기 위한 피드백 루프로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 워크피스(12)의 기하학적 구조에서의 변화에 관한 정보는 선반 장치(10)가 목표 입자 크기의 입자를 계속 생산하도록 선반 장치(10)의 동작 파라미터를 업데이트하는데 사용될 수 있다. 특히, 이전에 논의된 바와 같이, 워크피스(12)의 지름은 워크피스(12)로부터의 입자의 형성으로 인하여 감소한다. 진폭 및 회전 속도를 포함하는 동작 파라미터는 워크피스(12)의 지름에서의 이러한 변화를 처리하도록 조정될 필요가 있을 수 있다. 또한, 수집 용기(44) 내의 센서(120, 122)로부터의 정보는 생산되고 있는 입자의 특성을 결정할 수 있다. 검출된 정보에 기초하여 평균 입자 부피 또는 크기가 기대 또는 목표 입자 부피 또는 크기와 다르다고 제어기(110)가 결정하면, 제어기(110)는 이러한 차이를 처리하기 위하여 선반 장치(10)의 동작 파라미터를 조정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 생산되고 있는 입자가 목표 입자 크기보다 크다고 결정되면, 절단기 어셈블리(34, 36)의 왕복 주파수는 절단기(38)가 워크피스(12)와 접촉하는 시간량을 감소시키기 위하여 증가될 수 있다. 유사하게, 절단기 어셈블리(34, 36)의 진폭은 절단기(38)가 워크피스(12) 내로 더 많이 가압하지 않도록 조정될 수 있어, 더 작은 입자를 생산한다.

[0091] **분말 생산 시스템을 위한 사용자 인터페이스**

[0092] 일부 예에서, 시스템(100)은 제어기(110)와 유선 또는 무선 통신하는 사용자 인터페이스 모듈(124)을 더 포함한다. 일반적으로, 사용자 인터페이스 모듈(124)은 목표 입자 크기 및 다른 입자 특성에 관한 입력과 같은 사용자 입력을 수신한다. 제어기(110)는 입력을 처리하고, 이전에 설명된 바와 같이, 수신된 사용자 입력에 적어도 부분적으로 기초하여 선반 장치(10)의 동작을 제어할 수 있다. 또한, 제어기(110)는 형성되고 있는 입자 및/또는 제조 공정에 관한 통지 및 피드백을 사용자 인터페이스 모듈(124)에 제공할 수 있다. 예를 들어, 제어기(110)는 제조 공정의 상이한 양태들이 완료되었을 때 통지를 보낼 수 있다. 또한, 제어기(110)는 분말 형성 공정의 진행을 모니터링하고, 예를 들어, 잔여 시간에 대한 예측을 제공할 수 있다. 이러한 정보 및 통지는 사용자 인터페이스 모듈(124)에 제공될 수 있다. 사용자 인터페이스 모듈(124)은 시각적 디스플레이(126)와 같은 피드백 장치가 정보를 사용자에게 제공하게 할 수 있다.

[0093] 사용자 인터페이스(124)는 사용자로부터 입력을 수신하고 사용자에게 피드백을 제공하기 위한 다수의 애플리케이션 스크린 또는 페이지를 포함할 수 있다. 이러한 스크린의 예들은 도 6a 내지 6c에 도시된다.

[0094] 도 6a는 선반 장치(10)를 위한 초기 입력 스크린(610)의 일례를 도시한다. 초기 입력 스크린(610)은 사용자가 생산되고 있는 입자에 관한 정보를 입력할 수 있게 하는 다수의 데이터 입력 필드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 스크린(610)은 사용자가 목표 입자 크기를 입력하는 하나 이상의 필드(612)를 포함할 수 있다. 또한, 스크린(610)은 입자의 몇 퍼센트가 특정 크기이어야 하는지를 사용자가 특정하는 필드(614)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 6a에 도시된 바와 같이, 사용자는 지름에 있어서 입자의 50%가 대략 25 μm 이어야 하고 입자의 50%가 대략 50 μm 이어야 한다고 특정할 수 있다. 또한, 사용자는 생산될 분말에 대한 입력을 입력할 수 있다. 예를 들어, 스크린(610)은 사용자가 필요한 분말의 전체 질량을 입력하는 필드(616)를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 스크린(610)은 또한 선반 장치(10)에 대한 동작 파라미터를 결정하기 위하여 사용될 수 있는 워크피스(12)에 관한 정보(예를 들어, 워크피스의 길이 및 초기 지름)를 입력하기 위한 섹션(618)을 포함할 수 있다. 다른 예에서, 이전에 논의된 바와 같이, 워크피스(12)에 관한 정보는 선반 장치(10)와 연관된 센서에 의해 자동으로 결정될 수 있다. 또한, 일부 예에서, 섹션(618)은, 예를 들어, 사용자가 원료 물질을 식별할 수 있게 하는(예를

들어, 알루미늄, 스테인리스 강, 니켈 합금 및 티타늄을 포함하는 리스트로부터) 드롭다운(drop down) 리스트 또는 메뉴를 포함할 수 있다. 또한, 섹션(618)은 사용자가 생산될 입자에 대한 형태를 선택할 수 있게 하는 드롭다운 리스트 또는 메뉴를 포함할 수 있다. 일부 경우에, 장치(10)의 소정의 동작 파라미터는 특정 형태를 갖는 입자가 생산되는 가능성을 증가시키도록 조정될 수 있다. 이전에 논의된 바와 같이, 입자는 또한 더 구체적인 입자 형태를 획득하기 위하여, 예를 들어, 후처리에 의해, 수정될 수 있다.

[0095] 도 6b는 선반 장치(10)가 사용 중인 동안 사용자에게 제공될 수 있는 스크린(630)을 도시한다. 예를 들어, 스크린(630)은 스크린(610)에서 제공된 사용자 입력을 이용하여 분말 생산 프로그램을 수행하는데 있어서 선반 장치(10)가 어떻게 진행하고 있는지를 사용자에게 알려주기 위하여 사용자에게 보여질 수 있다. 사용 중 스크린(630)은 생산되고 있는 분말에 관한 누적 정보를 갖는 섹션(632)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 섹션(632)은 평균 입자 지름, 평균 입자 부피, 평균 구형도 및 유사한 정보를 포함하는 생산된 입자의 특성에 대한 실시간 데이터를 포함할 수 있다. 또한, 스크린(630)은 프로그램 완료를 향한 진행에 관한 정보를 갖는 섹션(634)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 섹션(634)은 지금까지 생산된 분말의 전체 질량 또는 부피에 관한 정보를 포함할 수 있다. 또한, 섹션(634)은, 예를 들어, 분말의 필요한 전체 부피 또는 질량이 생산될 때까지의 예측 시간을 보여주는 카운트다운 타이머(636)를 포함할 수 있다.

[0096] 도 6c는 선반 장치(10)가 초기 사용자 입력에 따라 분말을 마련하는 것을 완료한 후에 사용자에게 디스플레이될 수 있는 프로그램 완료 스크린(650)을 도시한다. 스크린(650)은, 예를 들어, 프로그램이 완료되었다고 사용자에게 알리는 문자 통지(652)를 포함할 수 있다. 스크린(650)은, 예를 들어, 필요한 전체 시간, 생산된 분말의 전체 질량 또는 생산된 분말의 전체 부피를 포함하는 완료된 프로그램에 대한 통계를 갖는 섹션(654)을 더 포함할 수 있다. 스크린(650)은, 예를 들어, 생산된 분말에 대한 분말 크기 분포(PSD)를 보여주는 그래프(656)를 더 포함할 수 있다. 또한, 스크린(650)은, 예를 들어, 평균 입자 지름, 평균 입자 부피 또는 평균 구형도를 포함하는 분말의 입자에 관한 정보를 갖는 섹션(658)을 포함할 수 있다. 입자의 특성에 관한 정보는, 이전에 설명된 바와 같이, 수집 용기(44)와 연관된 센서에 의해 수집될 수 있다.

[0097] 예

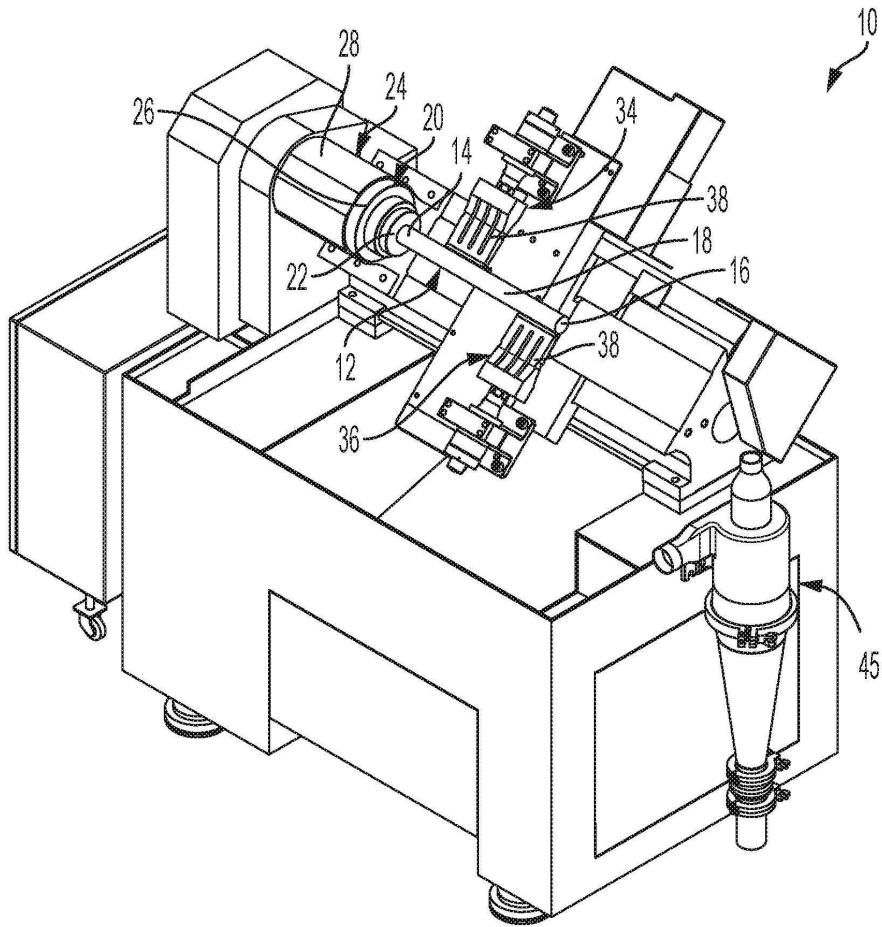
[0098] 입자는 본 명세서에 개시된 방법을 이용하여 생산되었으며, 입자로 구성되는 분말을 생산하기 위하여 단련 가공된 금속의 공급 원료가 대략 20 kHz의 저초음파 주파수로 절단기 장치에 의해 반복적으로 접촉되었다. 형성된 입자는 대략 크기가 50 μm 내지 75 μm 이었다. 형성된 입자는 형상이 대체로 삼각형이었다. 그러나, 선반 장치의 동작 파라미터의 최적화 및/또는 후처리에 의해 구형 입자가 본 명세서에 개시된 방법을 이용하여 생산될 수 있다고 여겨진다.

[0099] 형성된 입자의 2 μm 스캔으로부터의 CT 이미지가 캡처되어 검토되었다. 캡처된 CT 이미지는 도 7a 내지 7c에 도시된다. CT 이미지는 형성된 입자가 다공성의 측면에서 깨끗하게 보였다는 것을 나타내었다. 특히, 입자 내의 캡슐화된(예를 들어, 폐쇄된) 구멍의 증거가 관찰되지 않았다.

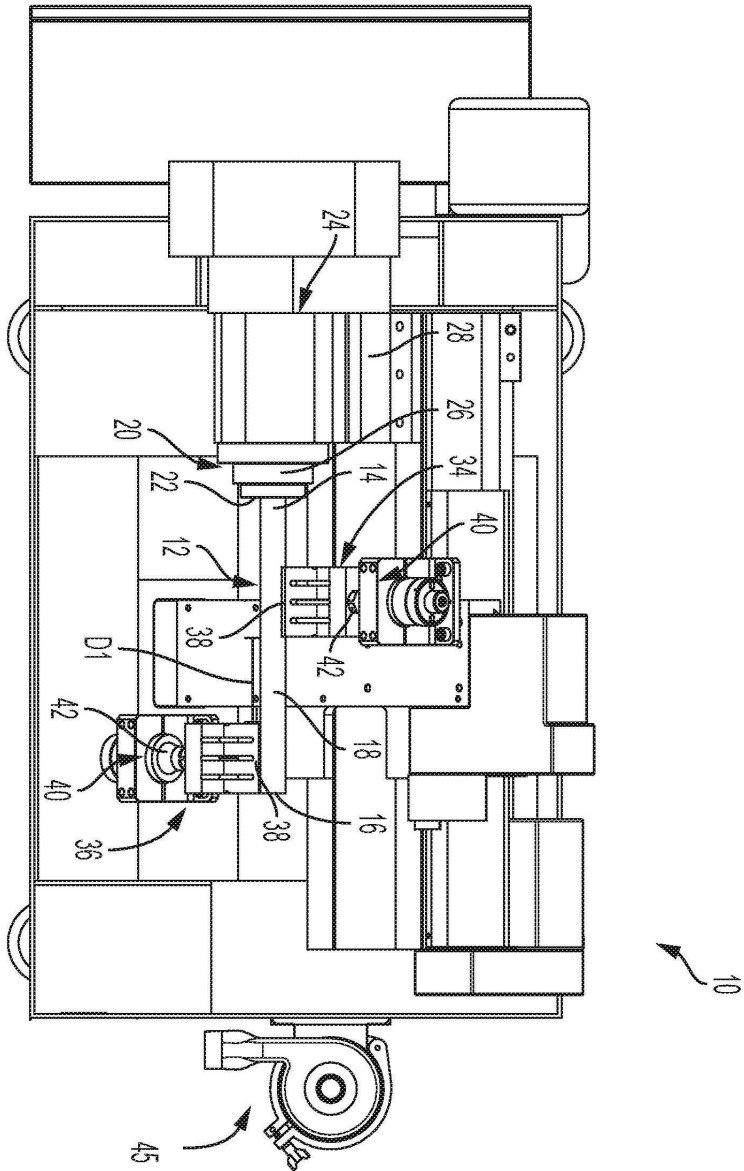
[0100] 본 발명이 가장 실용적이고 바람직한 실시예인 것으로 고려되는 것에 기초하여 예시의 목적으로 상세히 설명되었지만, 이러한 세부 사항은 오로지 그 목적을 위한 것이며 본 발명은 개시된 실시예에 한정되지 않고, 반대로 변형 및 균등한 배열을 포함하도록 의도된다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 본 발명은, 가능한 한, 임의의 실시예의 하나 이상의 특징이 임의의 다른 실시예의 하나 이상의 특징과 결합될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

도면

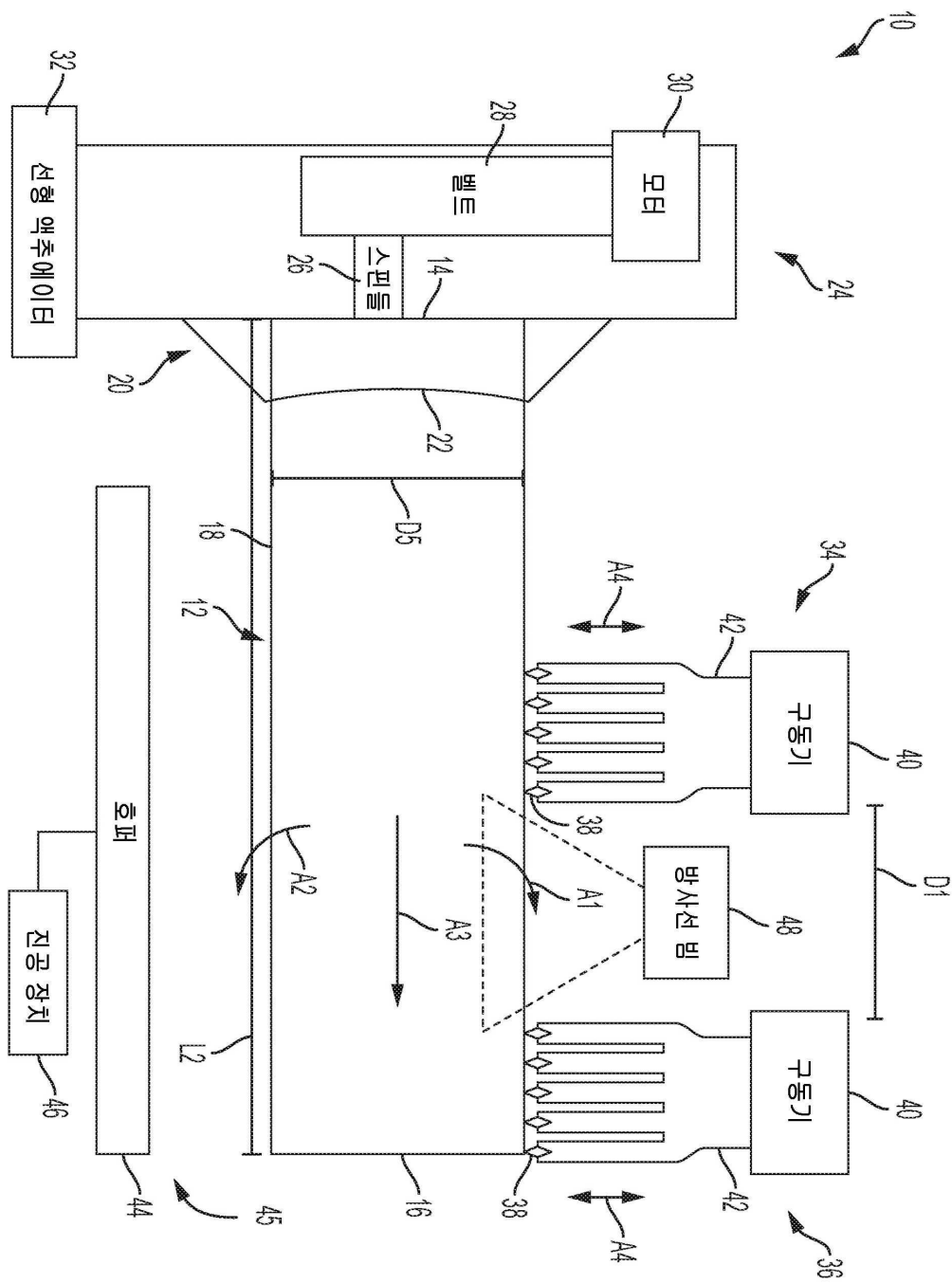
도면1a



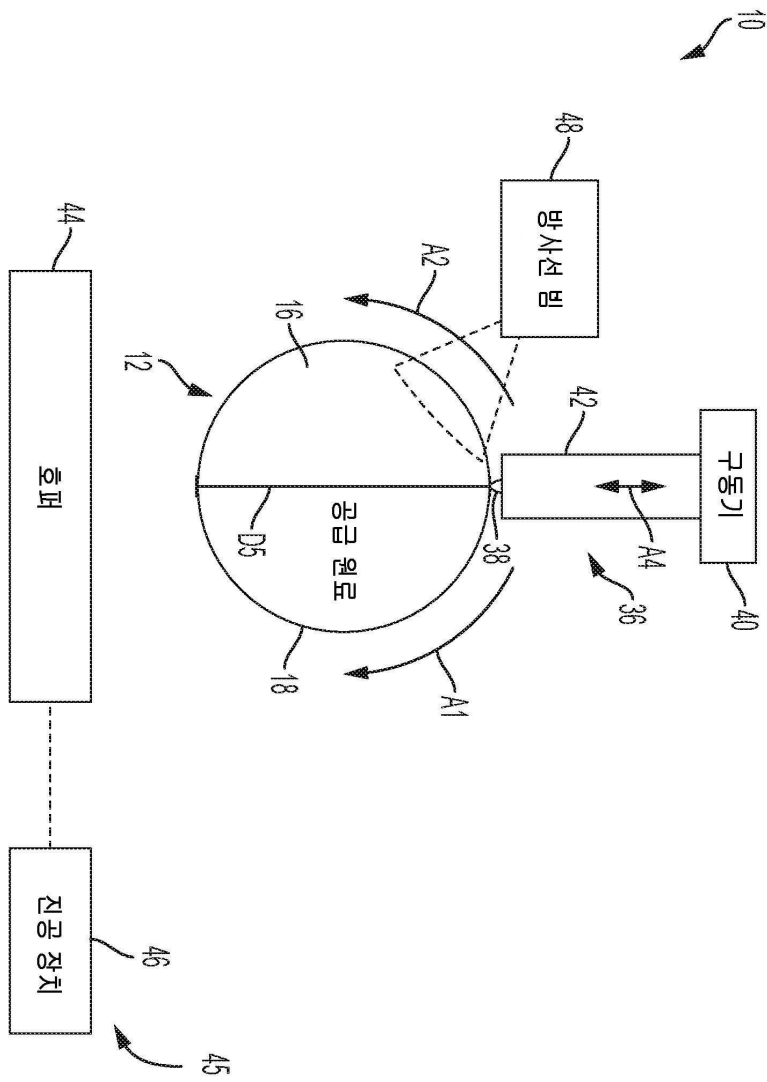
도면1b



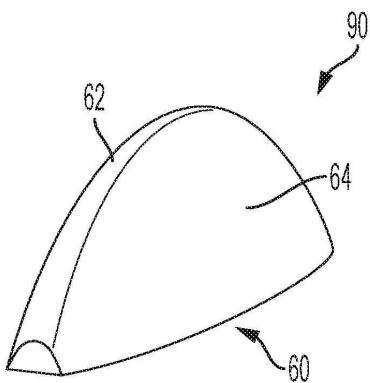
도면2a



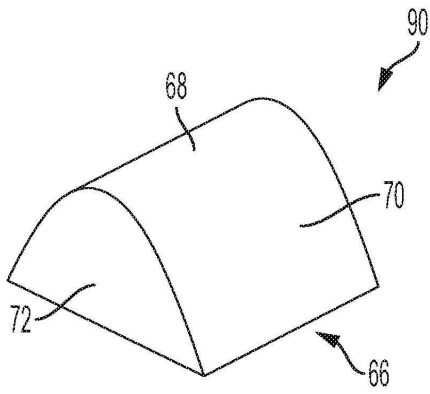
도면2b



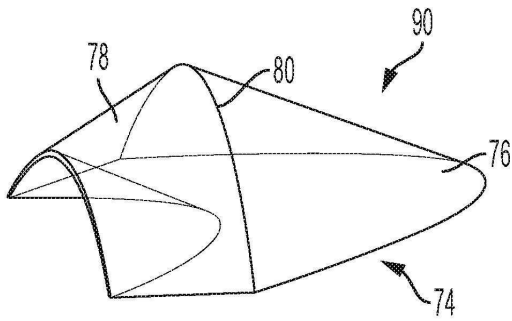
도면3a



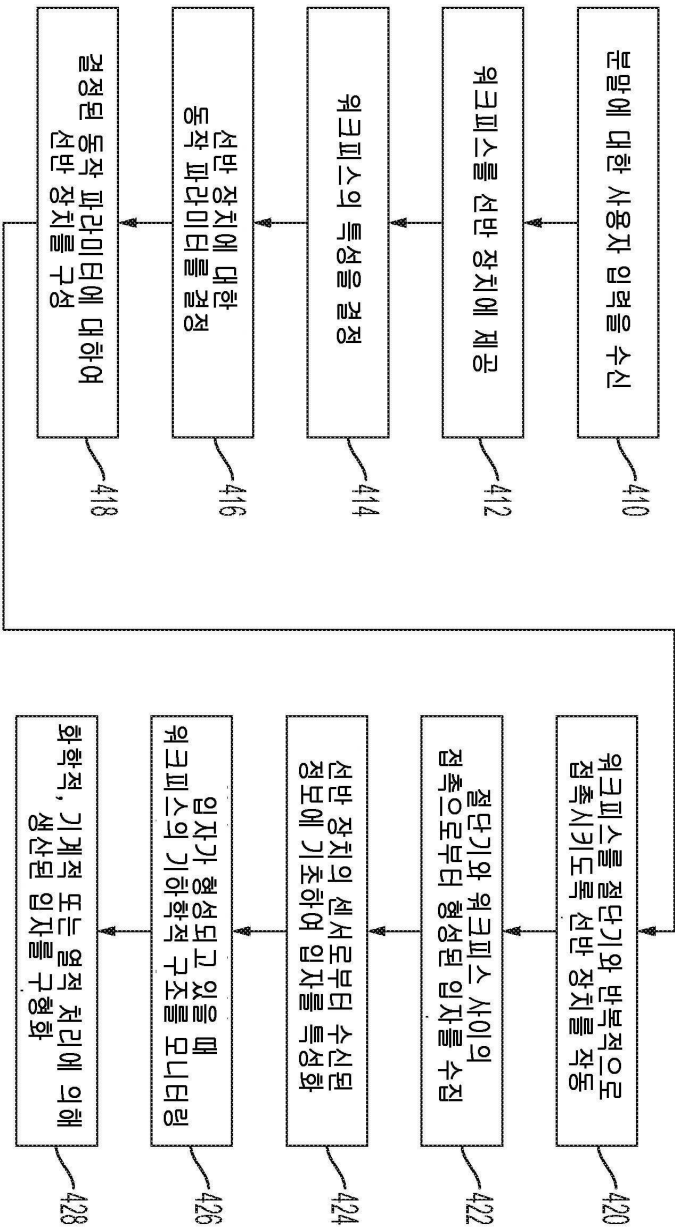
도면3b



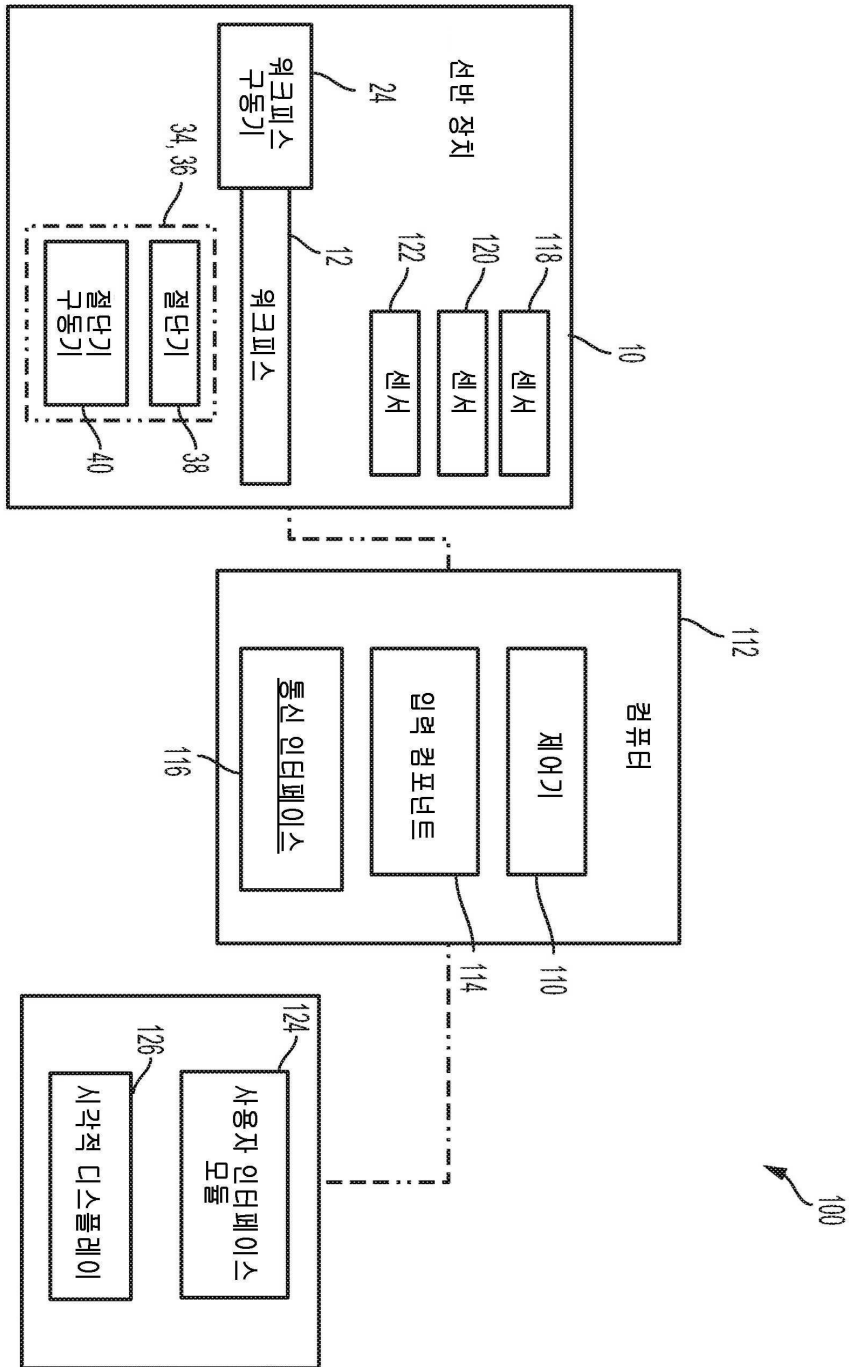
도면3c



도면4



도면5



도면6a

분말 생산 기계

목표 입자 크기 입력

	크기 (μm)	%
입자 1	612- [20]	614- [25]
입자 2	612- [40]	614- [50]
입자 3	612- [80]	614- [25]

분말 정보 입력

전체 부피 (cm³) [10.0] 616

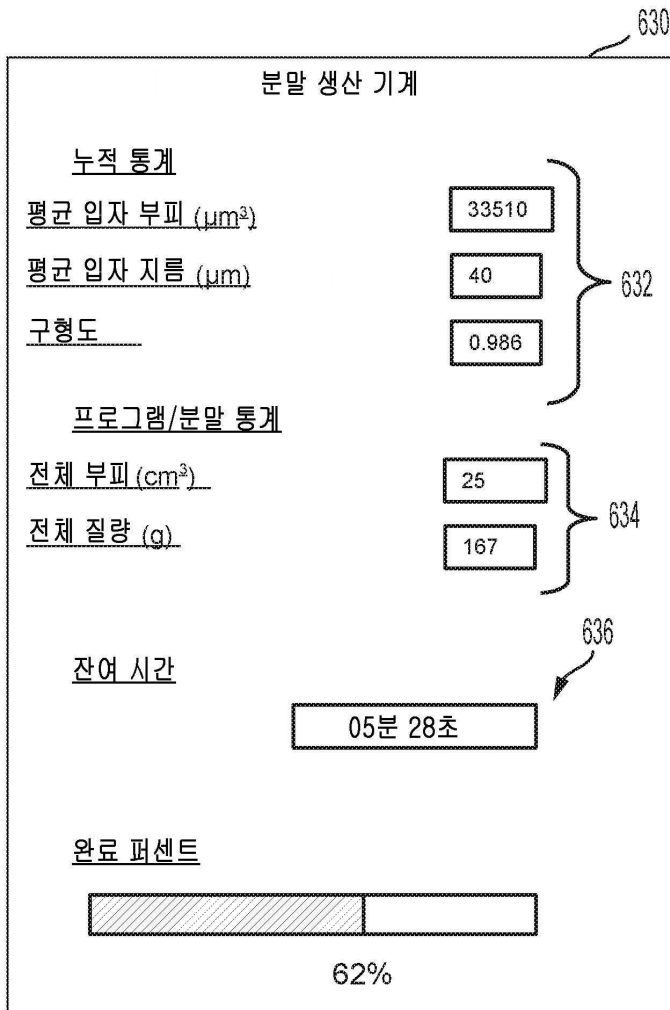
전체 질량 (g) [270.0]

원료 물질 정보 입력

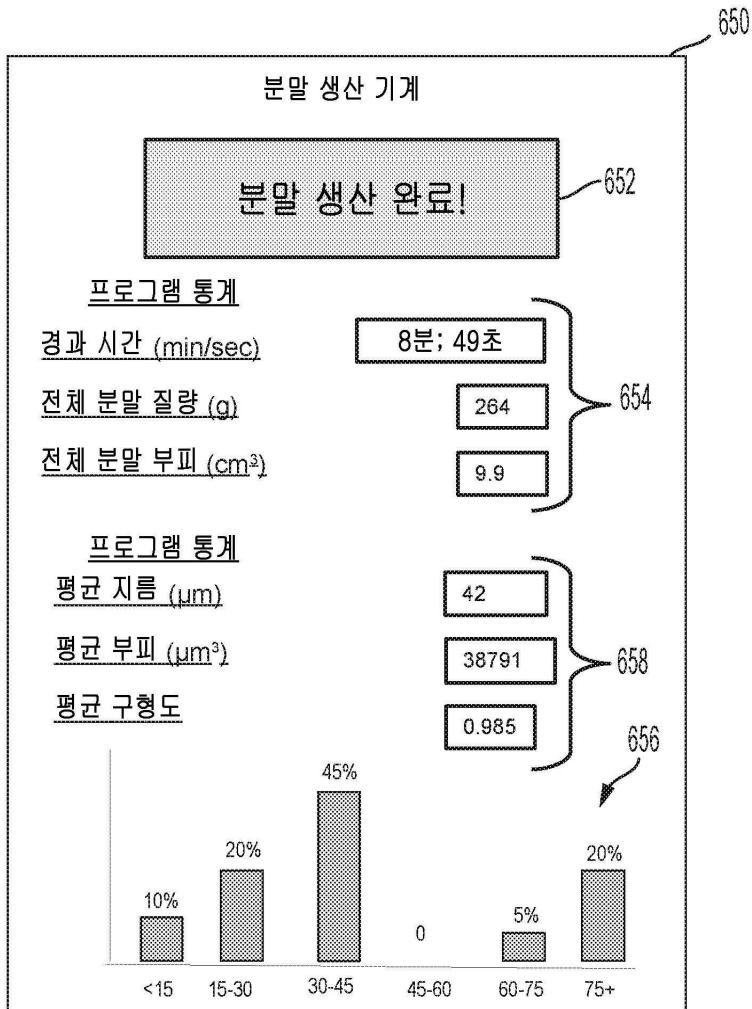
길이 (cm) [10] 지름 (cm) [1] 618

<p>재료</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>알루미늄</td></tr> <tr><td>스테인리스 강</td></tr> <tr><td>니켈 합금</td></tr> <tr><td>티타늄</td></tr> </table>	알루미늄	스테인리스 강	니켈 합금	티타늄	<p>형태</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>구형</td></tr> <tr><td>판상</td></tr> <tr><td>디스크</td></tr> <tr><td>원통</td></tr> </table>	구형	판상	디스크	원통
알루미늄									
스테인리스 강									
니켈 합금									
티타늄									
구형									
판상									
디스크									
원통									

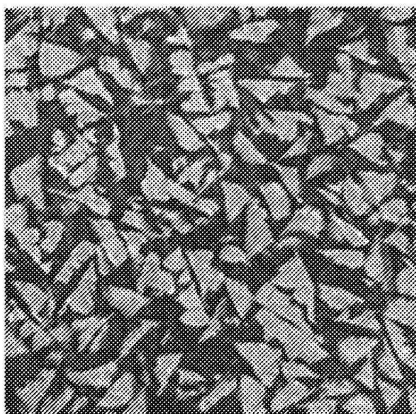
도면6b



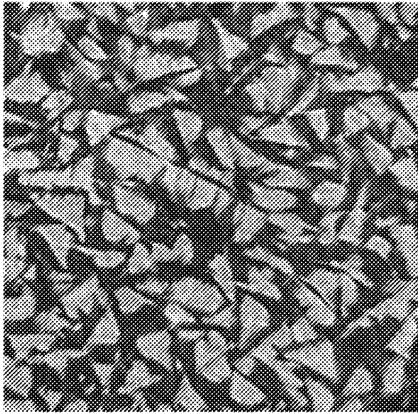
도면6c



도면7a



도면7b



도면7c

