

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-520453  
(P2021-520453A)

(43) 公表日 令和3年8月19日(2021.8.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 2 F 9/04 (2006.01)</b>	B 2 2 F 9/04	B 4 K O 1 7
<b>B 2 2 F 1/00 (2006.01)</b>	B 2 2 F 1/00	M 4 K O 1 8
<b>B 3 3 Y 30/00 (2015.01)</b>	B 2 2 F 1/00	K
<b>B 3 3 Y 10/00 (2015.01)</b>	B 2 2 F 1/00	N
	B 2 2 F 1/00	T
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2021-503709 (P2021-503709)  
 (86) (22) 出願日 平成31年4月4日 (2019.4.4)  
 (85) 翻訳文提出日 令和2年11月25日 (2020.11.25)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2019/025805  
 (87) 国際公開番号 W02019/195559  
 (87) 国際公開日 令和1年10月10日 (2019.10.10)  
 (31) 優先権主張番号 62/652,473  
 (32) 優先日 平成30年4月4日 (2018.4.4)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 62/652,483  
 (32) 優先日 平成30年4月4日 (2018.4.4)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)

(71) 出願人 520385010  
 メタル パウダー ワークス, エルエル シー  
 METAL POWDER WORKS, LLC  
 アメリカ合衆国 15212 ペンシルベニア ピッツバーグ スイート 102  
 サウスコモンズ ドライブ 100  
 100 South Commons Drive, Suite 102, Pittsburgh, Pennsylvania 15212 United States of America  
 (74) 代理人 110001070  
 特許業務法人SSINPAT  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末製造のためのシステムおよび方法

(57) 【要約】

粉末生産方法は、長形加工物を用意することと、粉末を生産するように、少なくとも1つの所定の振動数に従って、長形加工物の外面を往復動カッタと繰り返し接触させることとを含む。粉末は、生産される粒子の少なくとも95%が、約10 μmから約200 μmの範囲にある粒径または最大寸法を有する、複数の粒子を含む。カッタおよび少なくとも1つのコントローラを含む、複数の粒子を有する粉末を生産するためのシステムもここに提供される。

【選択図】 図 2 A

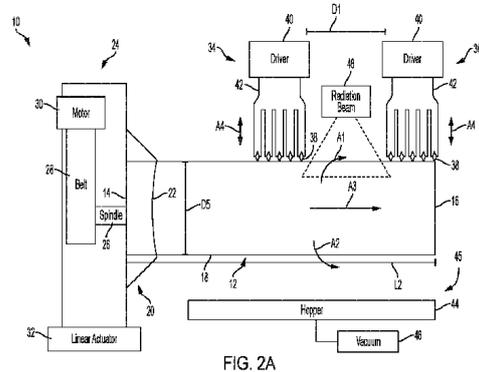


FIG. 2A

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

長形加工物を用意することと、

複数の粒子を含む粉末を生産するように、少なくとも 1 つの所定の振動数に従って、前記長形加工物の外面を往復動カッタと繰り返し接触させることであって、生産される粒子の少なくとも 95% が、約 10  $\mu\text{m}$  から約 200  $\mu\text{m}$  の範囲にある粒径または最大寸法を有するよう、繰り返し接触させることと

を含む、粉末生産方法。

**【請求項 2】**

前記長形加工物は、注型成形材料、鍛造材料、または押出し成形可能な材料を含む、請求項 1 に記載の方法。 10

**【請求項 3】**

前記長形加工物は鍛造金属ロッドを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記鍛造金属ロッドは、鋼、ニッケル、アルミニウム、チタン、白金、レニウム、ニオブ、およびそれらの合金のうちの 1 つまたは複数を含む、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記長形加工物は、ウラン、希土類元素、ポリマー、およびセラミックのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記複数の粒子のうちの少なくとも 95% の粒子が、目標粒度の 10% 以内の粒径を有する、請求項 1 に記載の方法。 20

**【請求項 7】**

前記目標粒度は、約 15  $\mu\text{m}$  から約 100  $\mu\text{m}$  の範囲にある粒径または最大寸法を含む、請求項 6 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記複数の粒子のうちの少なくとも 95% の粒子が、約 15  $\mu\text{m}$  から約 100  $\mu\text{m}$  の範囲にある粒径を有する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記複数の粒子のうちの少なくとも 99% の粒子が、約 15  $\mu\text{m}$  から約 100  $\mu\text{m}$  の範囲にある粒径を有する、請求項 1 に記載の方法。 30

**【請求項 10】**

少なくとも 1 つの所定の振動数に従って、前記長形加工物を前記カッタと繰り返し接触させることは、所定の第 1 の期間中に、第 1 の振動数に従って前記長形加工物を接触させ、その後、所定の第 2 の期間中に、前記第 1 の振動数とは異なる第 2 の振動数に従って前記長形加工物を接触させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記第 1 の振動数に従って前記長形加工物を繰り返し接触させることは、第 1 の複数の粒子を生産し、前記第 1 の複数の粒子のうちの少なくとも 95% の粒子が、第 1 の目標粒度の 10% 以内の粒径または主寸法を有する、請求項 10 に記載の方法。 40

**【請求項 12】**

前記第 2 の振動数に従って前記長形加工物を繰り返し接触させることは、第 2 の複数の粒子を生産し、前記第 2 の複数の粒子のうちの少なくとも 95% の粒子が、前記第 1 の目標粒度とは異なる第 2 の目標粒度の 10% 以内の粒径または主寸法を有する、請求項 11 に記載の方法。

**【請求項 13】**

第 1 の目標粒度の粒子および第 2 の目標粒度の粒子を含む目標粒子粒度分布を選択することと、前記少なくとも 1 つのカッタによって前記長形加工物を接触させる前に、選択された粒子粒度分布に基づいて、前記第 1 の期間および前記第 2 の期間を決定することとをさらに含む、請求項 10 に記載の方法。 50

**【請求項 14】**

前記粉末を生産することは前記粒子に気孔を取り入れず、その結果、前記複数の粒子が前記長形加工物の気孔率と実質的に同じ気孔率を有する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 15】**

前記長形加工物が前記カットによって接触されるときに、選択された回転速度で前記長形加工物を回転させることをさらに含み、前記回転速度は、生産予定の目標粒子粒度に基づいて決定される、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 16】**

前記長形加工物を少なくとも 1 つのカットと繰り返し接触させることは、前記長形加工物の第 1 の部分を第 1 のカットと接触させることと、前記長形加工物の第 2 の部分を第 2 のカットと接触させることとを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

**【請求項 17】**

前記粉末が生産される後に、熱、研磨力、および化学物質のうちの少なくとも 1 つを粒子に加えることによって、前記複数の粒子を球形化することをさらに含み、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 18】**

前記複数の粒子を前記長形加工物から除去するのを助けるために、前記長形加工物を前記カットと接触させる間に、前記長形加工物をレーザ光に曝露することをさらに含み、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 19】**

長形加工物から粒子を除去するように、前記長形加工物の外面に接触するように構成される、少なくとも 1 つのカットと、

20

前記カットを往復移動させて前記長形加工物と接触解離させるように構成される、前記少なくとも 1 つのカットに機械連結される、少なくとも 1 つのドライバと、

前記少なくとも 1 つのドライバに電気接続される、インプット要素を備える、少なくとも 1 つのコントローラであって、前記コントローラは、前記インプット要素から受信される 1 つまたは複数の動作パラメータに従って、前記ドライバが前記カットを往復移動させて前記長形加工物と接触解離させるように構成され、前記長形加工物と前記カットとの繰り返しの接触が複数の粒子を含む粉末を生産する、少なくとも 1 つのコントローラとを備え、

30

前記複数の粒子の少なくとも 95% は、約 10  $\mu\text{m}$  から約 200  $\mu\text{m}$  の範囲にある粒径を有する、

複数の粒子を含む粉末を生産するためのシステム。

**【請求項 20】**

前記動作パラメータは、前記長形加工物の回転速度、前記カットの往復振動数、または前記長形加工物に対する前記カットの振幅のうちの 1 つまたは複数を含む、請求項 19 に記載のシステム。

**【請求項 21】**

前記カットと前記長形加工物との前記繰り返しの接触によって形成される前記複数の粒子を受容するように構成される収集容器をさらに備える、請求項 19 に記載のシステム。

40

**【請求項 22】**

前記収集容器は、前記粉末を前記収集容器中に吸引するように構成される真空装置を備える、請求項 21 に記載のシステム。

**【請求項 23】**

前記収集容器は、前記少なくとも 1 つのコントローラに電気接続される 1 つまたは複数のセンサを備え、前記 1 つまたは複数のセンサは、生産される粉末の特徴を測定するように構成され、前記少なくとも 1 つのコントローラは、前記 1 つまたは複数のセンサによって検出される情報に基づいて、前記少なくとも 1 つのドライバの前記 1 つまたは複数の動作パラメータを修正するように構成される、請求項 22 に記載のシステム。

**【請求項 24】**

50

前記1つまたは複数のセンサは、前記粒子の平均粒子体積、中央粒子体積、粒子体積分  
布、粉末総重量、粉末総体積、または平均球形度のうちの少なくとも1つを検出するよう  
に構成される、請求項23に記載のシステム。

【請求項25】

前記少なくとも1つのコントローラは、前記インプット要素によって目標粒子粒度を受  
信するように、また選択される粒度の粒子を生産するように前記ドライバの前記1つまた  
は複数の動作パラメータを自動的に調節するように構成される、請求項19に記載のシス  
テム。

【請求項26】

選択される前記目標粒子粒度は、前記ドライバが動作している間に、ユーザによって動  
的に調節できる、請求項25に記載のシステム。

10

【請求項27】

所定の回転速度で鍛造金属加工物を回転させることと、  
所定の振動数で、前記鍛造金属加工物の外面を、カッタインサートを備えるカッタと繰  
り返し接触させることと、  
前記カッタインサートと前記鍛造金属加工物の前記外面との接触によって生産される粒  
子を収集することと  
を含む、金属粉末を生産する方法であって、  
前記所定の回転速度および前記所定の振動数は、目標粒子粒度を有する粒子を得るよう  
に選択され、

20

収集される前記粒子の少なくとも95%は、前記目標粒子粒度の10%以内の粒径また  
は主寸法を有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本願は、2018年4月4日出願の米国仮特許出願第62/652,473号、および  
2018年4月4日出願の米国仮特許出願第62/652,483号の優先権を主張する  
ものであり、各文献はここにその全体が援用される。

30

【0002】

本開示は、粉末製造のためのシステムおよび方法、詳細には、供給源または供給材料を  
往復動カッタで機械的に磨損させることによって、粒度分布が小さい粒子を含む粉末を製  
造するためのシステムおよび方法を対象とする。

【背景技術】

【0003】

設計された部品を迅速に高精度で生産するための好ましい手法として、3Dプリンティ  
ングまたはラピッドプロトタイプングなどの付加製造プロセスが幅広い支持を得ている。  
3Dプリンティング機は、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.、およびGeneral Electric (GE Additive)を含む  
、いくつかの製造業者から市販されている。このような付加製造機および3Dプリンティ  
ング機は、粉末を、通常は金属粉末を、ツール、ダイ、機械類、自動車部品、装飾品、お  
よび同様の物品などの製造部品に変える。金属粉末は、例えば、ステンレス鋼、低合金鋼  
、ニッケル合金、チタン、および同様の材料を含むことができる。付加製造プロセスの広  
範な利用の観点から、金属粉末などの原料物質の必要が増大し続けることが予期される。

40

【0004】

付加製造のための粉末は、従来から、プラズマアトマイズまたはガスアトマイズなどの  
アトマイズ技術によって作製されている。アトマイズは、概して、広範囲の粒度を有する

50

粒子を含む粉末を生産する。一部の事例では、このようなアトマイズプロセスによって生産される粉末の約20%から40%だけが付加製造にとって利用可能(例えば、適切な粒度および形状)である。粉末の残りの60%から80%は、他の用途に用いられるか、リサイクルされるか、または廃棄される。

#### 【0005】

金属粉末を生産するための例示的なアトマイズ装置が、ここにその全体が援用される特許文献1に開示されている。アトマイズ装置は、ある量の溶融金属を保持するための冶金容器を含む。溶融金属は金属流の形態でアトマイズチャンバ中に導入され、金属流はノズル要素を通してアトマイズチャンバ中に至る。アトマイズチャンバでは、様々な向きのガス噴射が溶融金属流と接触し、接触によって溶融金属流が分割されて液滴を形成し、その液滴が凝固して粒状物になり、そうすることで、金属粒子が生産される。

10

#### 【0006】

特許文献1は、アトマイズ法によって粒度が0 $\mu$ mから500 $\mu$ mの範囲にある粒子を含む粉末を生産することを開示している。形成された粒子の約75%は粒度が100 $\mu$ m未満であった。生産された粉末の34.9%は粒度が0と45 $\mu$ mとの間であった。同様の歩留まりまたは粒子粒度分布を有する粉末を形成するための他の例示的なアトマイズ法が、特許文献2および特許文献3に開示されている。

#### 【0007】

一部の付加製造機には150 $\mu$ m程度の大きさの粒子を使用できるが、通常、付加製造プロセスは、粒度が約15 $\mu$ mから約100 $\mu$ mの範囲にある粒子を用いて実行される。多くの場合、アトマイズ法によって生産される粉末の大部分が、粒子が大き過ぎるかまたは不均一であり付加製造には適さないので、他の用途に使用しなければならない。さらに、3Dプリンティング機の効率および速度は、機械に入ってそこを通る粉末粒子の流量による影響を受けることがある。実質的に均一の粒度および形状の粒子を含む粉末は、概して、より良好な流動特性を有し、より簡単に機械を通して流れる。したがって、均一の粒度および形状の粉末を効率よく生産するための粉末製造プロセスは、3Dプリンティング機の動作効率を改善する。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0008】

30

【特許文献1】米国特許第6,632,394号

【特許文献2】米国特許第4,382,903号

【特許文献3】国際公開第89/05197号

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

現行の粉末生産方法によってもたらされる粒子粒度分布のばらつきおよび粒子均一性の欠如に鑑みて、狭い粉末粒度分布(PSD: powder size distribution)および粒子均一性を有する粉末を生産するための装置および方法の必要がある。望ましくは、生産される粒子の大部分が付加製造プロセスで使用するのに適切であるべきである。3Dプリンティング機の動作効率を改善するために、気孔率が低く形状が均一な稠密粒子を生産するための方法の必要もある。本書で開示する装置および方法は、このような必要に対処するように設計される。

40

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本開示の一態様によれば、粉末生産方法は、長形加工物を用意することと、粉末を生産するように、少なくとも1つの所定の振動数に従って、長形加工物の外面を往復動カッタと繰り返し接触させることとを含む。粉末は、生産される粒子の少なくとも95%が、約10 $\mu$ mから約200 $\mu$ mの範囲にある粒径または最大寸法を有する、複数の粒子を含む。

50

## 【0011】

本開示の別の態様によれば、複数の粒子を有する粉末を生産するためのシステムは、長形加工物から粒子を除去するように、加工物の外面に接触するように構成される少なくとも1つのカットと、カットを往復移動させて加工物と接触解離させるように構成される、少なくとも1つのカットに機械連結される、少なくとも1つのドライバと、少なくとも1つのコントローラとを含む。少なくとも1つのコントローラは、少なくとも1つのドライバに電気接続され、インプット要素を含む。コントローラは、インプット要素から受信される1つまたは複数の動作パラメータに従って、ドライバがカットを往復移動させて加工物と接触解離させるように構成される。加工物とカットとの繰り返しの接触が、複数の粒子を有する粉末を生産する。複数の粒子の少なくとも95%は、約10 $\mu$ mから約200 $\mu$ mの範囲にある粒径を有する。

10

## 【0012】

本開示の別の態様によれば、金属粉末を生産する方法は、所定の回転速度で鍛造金属加工物を回転させることと、所定の振動数で、鍛造金属加工物の外面を、カットインサートを備えるカットと繰り返し接触させることと、カットインサートと金属加工物の外面との接触によって生産される粒子を収集することとを含む。所定の回転速度および所定の振動数は、目標粒子粒度を有する粒子を得るように選択される。収集される粒子の少なくとも95%は、目標粒子粒度の10%以内の粒径または主寸法を有する。

## 【0013】

ここで、以下の番号を付した項目に、本発明の例を記載する。

20

## 【0014】

項目1：長形加工物を用意することと、複数の粒子を含む粉末を生産するように、少なくとも1つの所定の振動数に従って、長形加工物の外面を往復動カットと繰り返し接触させることとあって、生産される粒子の少なくとも95%が、約10 $\mu$ mから約200 $\mu$ mの範囲にある粒径または最大寸法を有するよう、繰り返し接触させることとを含む、粉末生産方法。

## 【0015】

項目2：長形加工物は、注型成形材料、鍛造材料、または押出し成形可能な材料を含む、項目1に記載の方法。

## 【0016】

項目3：長形加工物は鍛造金属ロッドを含む、項目1または項目2に記載の方法。

30

## 【0017】

項目4：鍛造金属ロッドは、鋼、ニッケル、アルミニウム、チタン、白金、レニウム、ニオブ、およびそれらの合金のうちの1つまたは複数を含む、項目3に記載の方法。

## 【0018】

項目5：長形加工物は、ウラン、希土類元素、ポリマー、およびセラミックのうちの少なくとも1つを含む、項目1～4のいずれかに記載の方法。

## 【0019】

項目6：複数の粒子のうちの少なくとも95%の粒子が、目標粒度の10%以内の粒径を有する、項目1～5のいずれかに記載の方法。

40

## 【0020】

項目7：目標粒度は、約15 $\mu$ mから約100 $\mu$ mの範囲にある粒径または最大寸法を含む、項目6に記載の方法。

## 【0021】

項目8：複数の粒子のうちの少なくとも95%の粒子が、約15 $\mu$ mから約100 $\mu$ mの範囲にある粒径を有する、項目1～7のいずれかに記載の方法。

## 【0022】

項目9：複数の粒子のうちの少なくとも99%の粒子が、約15 $\mu$ mから約100 $\mu$ mの範囲にある粒径を有する、1～8のいずれかに記載の方法。

## 【0023】

50

項目10：少なくとも1つの所定の振動数に従って、長形加工物をカッタと繰り返し接触させることは、所定の第1の期間中に、第1の振動数に従って長形加工物を接触させ、その後、所定の第2の期間中に、第1の振動数とは異なる第2の振動数に従って長形加工物を接触させることを含む、項目1～9のいずれかに記載の方法。

【0024】

項目11：第1の振動数に従って長形加工物を繰り返し接触させることは、第1の複数の粒子を生産し、第1の複数の粒子のうちの少なくとも95%の粒子が、第1の目標粒度の10%以内の粒径または主寸法を有する、項目10に記載の方法。

【0025】

項目12：第2の振動数に従って長形加工物を繰り返し接触させることは、第2の複数の粒子を生産し、第2の複数の粒子のうちの少なくとも95%の粒子が、第1の目標粒度とは異なる第2の目標粒度の10%以内の粒径または主寸法を有する、項目11に記載の方法。

10

【0026】

項目13：第1の目標粒度の粒子および第2の目標粒度の粒子を含む目標粒子粒度分布を選択することと、少なくとも1つのカッタによって長形加工物を接触させる前に、選択された粒子粒度分布に基づいて、第1の期間および第2の期間を決定することとをさらに含む、項目10～12のいずれかに記載の方法。

【0027】

項目14：粉末を生産することは粒子に気孔を取り入れず、その結果、複数の粒子が長形加工物の気孔率と実質的に同じ気孔率を有する、項目1～13のいずれかに記載の方法。

20

【0028】

項目15：長形加工物がカッタによって接触されるときに、選択された回転速度で長形加工物を回転させることをさらに含み、回転速度は、生産予定の目標粒子粒度に基づいて決定される、項目1～14のいずれかに記載の方法。

【0029】

項目16：長形加工物を少なくとも1つのカッタと繰り返し接触させることは、長形加工物の第1の部分を第1のカッタと接触させることと、長形加工物の第2の部分を第2のカッタと接触させることを含む、項目1～15のいずれかに記載の方法。

30

【0030】

項目17：粉末が生産される後に、熱、研磨力、および化学物質のうちの少なくとも1つを粒子に加えることによって、複数の粒子を球形化することをさらに含む、項目1～16のいずれかに記載の方法。

【0031】

項目18：複数の粒子を長形加工物から除去するのを助けるために、長形加工物をカッタと接触させる間に、長形加工物をレーザ光に曝露することをさらに含む、項目1～17のいずれかに記載の方法。

【0032】

項目19：長形加工物から粒子を除去するように、長形加工物の外面に接触するように構成される、少なくとも1つのカッタと、カッタを往復移動させて長形加工物と接触解離させるように構成される、少なくとも1つのカッタに機械連結される、少なくとも1つのドライバと、少なくとも1つのドライバに電気接続される、インプット要素を備える、少なくとも1つのコントローラであって、コントローラは、インプット要素から受信される1つまたは複数の動作パラメータに従って、ドライバがカッタを往復移動させて長形加工物と接触解離させるように構成され、長形加工物とカッタとの繰り返しの接触が複数の粒子を含む粉末を生産する、少なくとも1つのコントローラとを備え、複数の粒子の少なくとも95%は、約10 $\mu\text{m}$ から約200 $\mu\text{m}$ の範囲にある粒径を有する、複数の粒子を含む粉末を生産するためのシステム。

40

【0033】

50

項目 20 : 動作パラメータは、長形加工物の回転速度、カッタの往復振動数、または長形加工物に対するカッタの振幅のうちの 1 つまたは複数を含む、項目 19 に記載のシステム。

【 0034 】

項目 21 : カッタと長形加工物との繰り返しの接触によって形成される複数の粒子を受容するように構成される収集容器をさらに備える、項目 19 または項目 20 に記載のシステム。

【 0035 】

項目 22 : 収集容器は、粉末を収集容器中に吸引するように構成される真空装置を備える、項目 21 に記載のシステム。

【 0036 】

項目 23 : 収集容器は、少なくとも 1 つのコントローラに電気接続される 1 つまたは複数のセンサを備え、1 つまたは複数のセンサは、生産される粉末の特徴を測定するように構成され、少なくとも 1 つのコントローラは、1 つまたは複数のセンサによって検出される情報に基づいて、少なくとも 1 つのドライバの 1 つまたは複数の動作パラメータを修正するように構成される、項目 22 に記載のシステム。

【 0037 】

項目 24 : 1 つまたは複数のセンサは、粒子の平均粒子体積、中央粒子体積、粒子体積分布、粉末総重量、粉末総体積、または平均球形度のうちの少なくとも 1 つを検出するように構成される、項目 23 に記載のシステム。

【 0038 】

項目 25 : 少なくとも 1 つのコントローラは、インプット要素によって目標粒子粒度を受信するように、また選択される粒度の粒子を生産するようにドライバの 1 つまたは複数の動作パラメータを自動的に調節するように構成される、項目 19 ~ 24 のいずれかに記載のシステム。

【 0039 】

項目 26 : 選択される目標粒子粒度は、ドライバが動作している間に、ユーザによって動的に調節できる、項目 25 に記載のシステム。

【 0040 】

項目 27 : 所定の回転速度で鍛造金属加工物を回転させることと、所定の振動数で、鍛造金属加工物の外面を、カッタインサートを備えるカッタと繰り返し接触させることと、カッタインサートと鍛造金属加工物の外面との接触によって生産される粒子を収集することを含む、金属粉末を生産する方法であって、所定の回転速度および所定の振動数は、目標粒子粒度を有する粒子を得るように選択され、収集される粒子の少なくとも 95% は、目標粒子粒度の 10% 以内の粒径または主寸法を有する、方法。

【 0041 】

本発明のこれらのおよび他の特性および特徴、ならびに、構造物の関連要素の動作方法および機能と、部品の組み合わせと、製造の経済性は、添付の図面を参照しながら以下の説明および添付の特許請求の範囲を検討する際により明らかになるであろう。添付の図面はいずれも本明細書の一部を成し、様々な図において同様の参照番号は対応する部分を指す。明細書および請求項では、単数形の「a」、「an」、および「the」は、文脈上明白に異なる解釈を要する場合を除き、複数の指示対象を含む。

【 図面の簡単な説明 】

【 0042 】

【 図 1 A 】 本開示の一態様による、長形部材または加工物から粒子を生産するための旋盤装置の斜視図である。

【 図 1 B 】 図 1 A の旋盤装置の部分上面図である。

【 図 2 A 】 本開示の一態様による、粒子を生成するためのプロセスを実行する、図 1 A の旋盤装置の概略側面図である。

【 図 2 B 】 図 1 A の旋盤装置の概略正面図である。

10

20

30

40

50

【図 3 A】図 3 A は、本開示の各態様による、異なる形状を有するカッタから生産される粒子の例の斜視図である。

【図 3 B】図 3 B は、本開示の各態様による、異なる形状を有するカッタから生産される粒子の例の斜視図である。

【図 3 C】図 3 C は、本開示の各態様による、異なる形状を有するカッタから生産される粒子の例の斜視図である。

【図 4】本開示の一態様による、旋盤装置を用いて粒子を生産するための方法のステップを示すフローチャートである。

【図 5】本開示の一態様による、粉末を生成するためのシステムの概略図である。

【図 6 A】本開示の一態様による、図 1 A の旋盤装置を含む粉末製造システムを制御し、そのシステムからフィードバックを受信するためのユーザインターフェースの画面を示す。

【図 6 B】本開示の一態様による、図 1 A の旋盤装置を含む粉末製造システムを制御し、そのシステムからフィードバックを受信するためのユーザインターフェースの画面を示す。

【図 6 C】本開示の一態様による、図 1 A の旋盤装置を含む粉末製造システムを制御し、そのシステムからフィードバックを受信するためのユーザインターフェースの画面を示す。

【図 7 A】図 7 A は、本開示の方法に従って形成された粉末粒子の CT スキャンによって生成された画像である。

【図 7 B】図 7 B は、本開示の方法に従って形成された粉末粒子の CT スキャンによって生成された画像である。

【図 7 C】図 7 C は、本開示の方法に従って形成された粉末粒子の CT スキャンによって生成された画像である。

【発明を実施するための形態】

【0043】

以下の詳細な説明のために、本発明は、明白な反対の指定がある場合を除き、様々な代替の変更形態およびステップの順序を想定できることを理解されたい。さらに、別段の指示がある場合以外は、明細書および請求項で用いられる全ての数値表現、例えば、粒子の粒度、粒径、または最大寸法が、全ての例で用語「約 ( a b o u t ) 」によって修飾されていると理解されたい。したがって、反対の指示がある場合を除き、以下の明細書および添付の図面に記載される数値パラメータは、本発明によって得ることになる所望の特性に応じて変更できる概数である。最低限でも、また特許請求の範囲に対する同等物の原則の適用を制限する試みとしてではなく、各数値パラメータは、少なくとも、報告される有効数字の数に鑑みて、また一般的な丸め方法を行うことによって、解釈されるべきである。

【0044】

本発明の広い範囲を説明する数値範囲およびパラメータは概数であるが、具体例に記載する数値は可能な限り正確に報告する。ただし、どの数値も本質的に、それぞれの試験測定値に見られる標準偏差から必然的に生じる一定の誤差を含む。

【0045】

また、本書に記載のどの数値範囲も、そこに包含される部分範囲を全て含むものであることを理解されたい。例えば、「1 から 10」の範囲は、記載された最小値 1 と記載された最大値 10 との間にありそれらの数値を含むあらゆる部分範囲、すなわち、1 以上の最小値から始まり 10 以下の最大値で終わる全ての部分範囲およびそれらの間の全ての部分範囲、例えば、1 から 6 . 3、または 5 . 5 から 10、または 2 . 7 から 6 . 1 を含むものである。

【0046】

本書では、単数形の「 a 」、「 a n 」、および「 t h e 」は、文脈上明白に異なる解釈を要する場合を除き、複数の指示対象を含む。

【0047】

10

20

30

40

50

本書では、用語「上部 (top)」、「底部 (bottom)」、およびそれらの派生語は、図面中の発明品の向きを基準として用いるものとする。用語「近位 (proximal)」は、物体のうちの、別の構造体によって保持されるかまたはそれに装着される部分を指す。用語「遠位 (distal)」は、物体のうちの、その「近位」端の反対部分を指し、例えば、その物体のうちの、別の構造体によって保持されないかまたはそれに装着されない自由部分または自由端とすることができる。ただし、本発明は様々な代替の向きを想定でき、したがって、このような用語は限定的と解釈すべきでないとして理解されたい。また、明白な反対の指定がある場合を除き、本発明は様々な代替の変更形態および段階の順序を想定できることを理解されたい。添付の図面に示され以下の詳細な説明に記載される、特定の装置およびプロセスは例であることも理解されたい。したがって、本書で開示する実施形態に関連する特定の寸法および他の物理的な特徴は限定的と解釈すべきでない。

10

20

30

40

50

#### 【0048】

本開示は、粉末を生産するように原料物質または供給材料を機械的に磨損または摩耗させる、装置10、方法、および制御システム100を対象とする。粉末は、望ましくは、3Dプリンティング機およびラピッドプロトタイピング機で使用するような付加製造プロセスに適切な粒子を含む。粉末は、金属、セラミック、またはポリマー材料から形成される粒子を含むことができる。望ましくは、装置10は、粒子粒度、形態アスペクト比、密度、気孔率および他の特徴に対して、他の製造プロセスによって提供できる制御よりも優れた制御を提供する。粒子粒度および形状に対する制御を強化することは、3Dプリンティング機およびラピッドプロトタイピング機で実行される製造プロセスなどの付加製造プロセスにとって特に有用であると考えられる。前に論じたように、このような付加製造プロセスは、概して、実質的に均一の形状を有する同様の粒度の粒子を含む相当量の粉末を必要とする。

#### 【0049】

一部の例では、装置10は、粉末粒度分布 (PSD) が狭いかまたは厳しく制御された粉末を生産することができる。例えば、生産される粉末は複数の粒子を含み、粒子の少なくとも約95%は200 $\mu$ m未満の粒径または最大寸法を有し、好ましくは、粒子の少なくとも95%は、粒度が約10 $\mu$ mから約200 $\mu$ mの範囲にある粒径または最大寸法を有する。理論的には、装置10は、粒子の少なくとも99%が15 $\mu$ mから100 $\mu$ mの範囲にある粒径または最大寸法を有する粉末を生産することもできる。本書では、「最大寸法 (maximum dimension)」は、粒子の反対側の各点の間の、粒子の軸に沿った、粒子の中心を通る、最大直線距離を指す。例えば、球形の粒子の場合、最大寸法と粒径とは同一である。円柱形、長円形、または矩形の粒子の場合、最大寸法は粒子の軸方向の長さになる。

#### 【0050】

一部の例では、粉末の少なくとも95%の粒子は、目標粒度の10%以内の粒径または最大寸法を有することができる。理論的には、本書で開示する方法は、粒子の95%が目標粒度の1%以内の粒径または最大寸法を有する粉末を供給することもできる。目標粒度は、例えば、3Dプリンティングに最適な目標粒度とすることができる。理論に縛られるつもりはないが、3Dプリンティングに最適な粒度は、使用される材料およびプリンティング機に応じて、約15 $\mu$ mから100 $\mu$ mでよいと考えられる。例えば、装置10は、生産される粒子の95%が45 $\mu$ m $\pm$ 10%の粒径または最大寸法を有する粉末を生産するために使用できる。装置10は、2以上の目標粒子粒度を含む粉末を生産することもできる。例えば、粒子の50%が第1の狭い粒度範囲内に収まり、粒子の50%が、第1の粒度範囲とは異なる別個の第2の狭い粒度範囲内にある粉末を作ることにもできる。例えば、粒子の50%が20 $\mu$ m $\pm$ 10%の粒径または最大寸法を有し、粒子の50%が80 $\mu$ m $\pm$ 10%の粒径または最大寸法を有する粉末を生産することもできる。装置10は、選択された1つまたは複数の粒子粒度を有する粉末を生産できる。ユーザは、新たな粒子粒度をシステムに入力するだけで簡単に所望の粒子粒度または形状を変更することができる

。

## 【0051】

理論に縛られるつもりはないが、粒子の形状または形態は付加製造プロセス中の粒子流量に関係があると考えられる。具体的には、ある一定の均一の形状の粒子は、様々なまたは不均一の形状を有する粒子を含む粉末よりも容易に3Dプリンティング機を流れると考えられる。装置10は、高感度で粒子の形態を制御する機構を提供する。したがって、装置10は、付加製造プロセスにおける流量を増大させるのに最適な粒子を生産するために使用できる。

## 【0052】

さらに、装置10は、気孔を取り入れることなく様々な形態およびアスペクト比を有する粒子を生産することができる。形成される粒子の形態が満足の行くものではない場合、本書で開示する方法によって生産される粒子を後処理技術によってより球形に近づけることができる。さらに、本書で開示する方法によって生産される粒子は、概して、他の方法によって生産される粒子と比べて低い気孔率を有する。本書では、「低気孔率材料 (low porosity materials)」は、気孔、空洞、空所、開放部、または裂け目が実質的にない、内部の大部分またはバルク部分を有する材料である。具体的には、装置10による粒子の形成が気孔を取り入れないので、本書で開示する装置10および方法によって形成される粒子は、原料物質または加工物12と実質的に同じ気孔率を有する。装置10によって形成される粒子はまた、アトマイズ法によって形成される粒子よりも稠密である。一部の事例では、付加製造により稠密の粒子を用いると、気孔を取り除くための成形品または印刷製品の後処理の必要を減らすかまたは無くすることができる。例えば、本書で開示する粉末を用いて作製された成形品は、付加製造中に現在行われるような熱間等方圧加圧法によって加工する必要を無くすることができる。

## 【0053】

理論に縛られるつもりはないが、本書で開示する装置10および方法は、アトマイズによって形成される粒子と比べて一定の化学的利点を有する粉末粒子を生産するとも考えられる。例えば、本書で開示する装置10および方法は、粉末の形成中に原料物質または供給材料の相組成を変化させない。したがって、本書で開示する装置10および方法を使用して、アトマイズに必要な追加のプロセスステップなしに、溶接不能な材料から粉末を形成できる。溶接不能な材料は、高融点金属の合金 (例えば、7000系アルミニウム合金) および高融点のエンジニアードポリマーを含むことができる。高融点材料は、このような材料から形成される析出物が加熱中または溶接中に溶体に再溶解する傾向があるので溶接不能な場合がある。その場合、溶体は、析出物を溶体外に戻すことができるように時効可能であることが必要になる。同様に、高融点材料のアトマイズでも析出物が溶体に溶解する。析出物を再形成するために、一部のアトマイズプロセスは溶体を再度溶解し、他の手法 (例えば、バインダージェット法およびコールドスプレ法の場合) は溶体全体の溶解を避ける。一方、特定の一例では、溶接不能な合金 (例えば、7000系アルミニウム) から形成される異形粉末は、コールドスプレ法によってプリントすることもできる。有益なことに、粉末粒子の相組成は形成プロセス中に保持される。相組成は、やはりコールドプロセスであるバインダージェット中でも維持されることになる。

## 【0054】

粒子を生産する旋盤装置

図1A~図2Bに、バルク材から形成される長形加工物12から粒子を生産する、粉末を生産する旋盤装置10を示す。旋盤装置10は、高度に制御可能な状態で、加工物12から実質的に均一の所定の粒度またはPSDの粒子を生産するように構成される。加工物12は、概して、長形部材であり、その長形部材は、第1の端部または近位端14と、第2の端部または遠位端16と、近位端14と遠位端16との間を延びる長形の本体18とを備える。加工物12は、加工物12のバルク材から制御可能な粒度の粒子を生産するために、機械的に磨損、切削、切り抜き、機械加工、打撃、はつり、彫り出し、または別法で接触されるように構成された、バルク材の供給源または供給材料として働く。加工物1

10

20

30

40

50

2 は、鍛造、注型成形、または押し出し成形できる材料から長形部材またはロッドになるように形成される。材料は、概して、高品質またはプレミアム品質のものであり、汚染のない、既知の組成の未使用材料とすることができる。一部の例では、材料は再利用材料とすることができる。材料は、鋼、ニッケル、アルミニウム、チタン、白金、レニウム、ニオブ、およびそれらの合金など、金属材料とすることができる。材料は、7000系アルミニウムなど、高機能または高融点の合金とすることもできる。他の事例では、加工物12は、ウラン、希土類元素、ポリマー、およびセラミックを含むことができる。例えば、材料は、Solway S.A. 製造のTorlon (登録商標) ポリアミドイミドなど、エンジニアードポリマーとすることもできる。一部の例では、アトマイズ化による影響を受けることになる、析出硬化強化剤を有する材料は、難題をもたらすことなく、本明細書で開示する装置10および方法と共に使用することができる。

10

#### 【0055】

一部の例では、旋盤装置10は、粒子の形成中に加工物12の近位端14を受容し確実に保持するように構成されたリテーナアセンブリ20を備える。例えば、リテーナアセンブリ20は、クランプ、ジョー、止め具、万力、または同様のコネクタなど、環状のロック構造22を備えることができ、ロック構造22は、加工物12を適位置に保持するために、近位端14の加工物12を受容しその周りを締めるように構成されている。一部の例では、リテーナアセンブリ20はさらに、選択される回転速度で加工物12を回すように構成された、駆動機構またはドライバ24を備えるかまたはそれに連結される。例えば、ドライバ24は、回転ベルトまたはドライブシャフト28に機械連結される回転スピンドル26を備えることができる。ベルトまたはドライブシャフト28は、(図2Aに示す)モータ30に連結でき、モータ30によって駆動することができる。使用の際には、モータ30の回転は、ベルトまたはドライブシャフト28を介して加工物12に伝達される。一部の例では、モータ30によって、加工物が、例えば、(図2Aおよび図2Bに示す)矢印A1の方向に完全に回転する。あるいは、加工物12を、正逆方向に回転させることができる。例えば、駆動機構24によって、加工物12が(矢印A1によって示す)第1の方向に90度以上回転し、次いで、(矢印A2によって示す)第2の方向に90度以上回転してよい。一部の例では、本書で詳細に説明するように、ドライバ24はさらに、加工物12の表面の表面積のより大きい部分をカッタアセンブリ34、36に曝露するように、加工物12を(矢印A3によって示す)軸方向に前後に移動させるためのリニアアクチュエータ32を備えることができる。

20

30

#### 【0056】

旋盤装置10はさらに、カッタ38を含むカッタアセンブリ34、36またはツールホルダを備え、カッタ38は、粒子を生産するように加工物12の本体18に接触するように構成されている。カッタ38は、生産される粒子の粒度および形状に応じて、様々な形状および構成を有することができる。例えば、加工物12に接触するカッタ38の前縁は、例えば、平坦、三角形、または丸形とすることができる。形状の異なるカッタ38は異なる形態を有する粒子を生産すると考えられる。

#### 【0057】

異なる形状のカッタ38によって生産される粒子のいくつかの例を図3A~図3Cに示す。図3A~図3Cは、形状の異なるカッタ38がどのように異なる形態を有する粒子を生産するかを例示するものである。例えば、丸形の前縁を有するカッタ38によって図3Aの粒子90が生産される。図3Aに示すように、粒子90は、丸形の先端部62まで延びる丸いまたは長円形のベース60を備える。粒子90はさらに、ベース60と先端部62との間を延びる、対向する湾曲面64を備える。詳細には、丸形のカッタ38は、複数の寸法または方向に湾曲する湾曲面64を生産する。

40

#### 【0058】

図3Bは、前縁が平坦なカッタ38によって形成される粒子90の一例である。粒子90は、丸形の先端部68まで延びる矩形のベース66を含む。図3Bの粒子90はさらに、ベース66から先端部68に延びる湾曲面70を備える。湾曲面70は1つの方向また

50

は寸法に湾曲する。さらに、粒子90は、カッタ38の平坦な面によって形成される、対向する平坦な面72を含む。

【0059】

図3Cに、先端部が三角形のカッタ38によって形成される粒子90を示す。粒子90は弓形のベース74を備える。粒子90はさらに、ベース74から中央の縁部80に向かって延びる湾曲面76、78を備える。概略的には、三角形の先端部は、粒子90上に硬いまたは中央の縁部80を生産し、その結果、前述の丸いまたは平坦なカッタ38によって作製される場合よりも形状が複雑になる。粉末粒子の形態をより複雑にするために、溝、リッジ、突起、および表面のより複雑な機構を含む、他のカッタの設計も本開示の範囲内で旋盤装置10と共に使用できる。

10

【0060】

一部の例では、カッタアセンブリ34、36は、様々な位置または向きで加工物12に接触できる。例えば、カッタアセンブリ34、36は、接触位置を調節するために加工物12に対して回転可能または傾斜可能とすることができる。接触位置を調節すると、異なる形態を有する粒子を生産することができる。したがって、カッタアセンブリ34、36を調節することによって、生産される粒子の形態をより厳密に制御でき、具体的には、生産される粒子の形状について感度および選択性を高めることを可能にできる。

【0061】

一部の例では、複数のカッタアセンブリ34、36は、単一の粒子を形成するように、加工物12に接触するように構成することができる。例えば、第1の工程中に、カッタアセンブリ34が、加工物12の表面に、ある一定のテクスチャパターンまたは溝およびリッジの機構を生成するように、加工物12に接触することもできる。次いで、同じまたは第2のカッタアセンブリ36が、第2の工程中に、そのテクスチャまたは溝の付いた加工物12の表面から粒子を生産するように、加工物12の表面に接触することもできる。複数の工程で粒子を形成することで、粒子の形状をより厳密に制御し、一部の例では、旋盤装置10によって、単一の工程では生み出すことができない独特の形態を有する粒子を生産できるようになる。

20

【0062】

一部の例では、旋盤装置10は、生産性および効率を改善するために、加工物12の様々な部分に接触するように構成された2以上のカッタアセンブリ34、36を含むことができる。効率は、旋盤装置10を産業上の用途に利用するとき特に重要である。例えば、産業上の用途で効果的にするために、旋盤装置10は、妥当な期間内で100kg以上の粉末を生産可能にする必要がある場合がある。例えば、旋盤装置10は、第2のカッタアセンブリ36から加工物12の長さに沿って距離D1だけ軸方向に離間した第1のカッタアセンブリ34を備えることができる。一部の例では、2つのカッタアセンブリ34、36のカッタ38はそれぞれ、加工物12の同じ周方向位置に接触する(例えば、アセンブリ34、36の各カッタ38は、加工物12に、例えば、3時の位置または90度の位置で接触するように配置できる)。他の例では、2つのカッタアセンブリ34、36は、異なる周方向位置で加工物12に接触することができる。例えば、第1のカッタアセンブリ34は3時の位置で加工物に接触することもでき、第2のカッタアセンブリ36は9時の位置で加工物に接触することもできる。

30

40

【0063】

カッタアセンブリ34、36はさらに、例えば、往復動ロッドまたは共振構造42によって少なくとも1つのカッタ38に機械連結される、往復動ドライバまたは駆動機構40を少なくとも1つ備えることができる。例えば、共振構造42は、ある振動数に、例えば、20kHzの振動数に励起される、同調ソノトロードとすることができる。駆動機構40は、(図2Aおよび図2Bに示す)矢印A4の方向にカッタ38を往復移動させて加工物12と接触解離させるように構成される。例えば、駆動機構40は、約10kHzから約30kHzの低い超音波振動数で、好ましくは、約20kHzで、カッタ38を移動させるように構成することができる。他の例では、カッタ38は、約30kHzから40k

50

H<sub>z</sub>以上の、より高い振動数で動作するように構成することができる。また、駆動機構40は、選択される振幅または深さに従って、加工物12に向かって押し込むようにカッタ38を移動させるように構成される。本書では、カッタ38の「振幅」は、各回動中または各サイクル中にカッタ38をどの程度遠くに移動させるかを指す。振幅が大きくなるほど、カッタ38がより遠くに加工物12に押し込まれる。カッタ38をより遠くに加工物12に押し込むと、より大きい粒子が生産される。また、本書でさらに詳細に説明するように、カッタ38の振幅または移動は、加工物12の幾何形状の変化を考慮に入れて、旋盤装置10の動作中に調節を必要とする場合がある。例えば、加工物12の直径は、粒子が形成されるにつれて小さくなる。したがって、ばらつきのない粒度の粒子を供給し続けるために、カッタ38の位置または加工物の速度は、加工物12の直径D5の変化に従って更新しなければならない。本書で開示する旋盤装置10および制御システム100は、加工物12の直径D5のこのような変化を自動的に考慮に入れるように構成することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0064】

旋盤装置10はさらに、粉末収集システム45を備えることができ、粉末収集システム45は、例えば、カッタ38と加工物12との接触によって形成される粒子を受容するための(図2Aおよび図2Bに示す)収集容器またはホッパ44を備える。一部の例では、ホッパ44は重力供給式とすることができ、つまり、加工物12から形成される粒子は重力によってホッパ44中に落下する。他の例では、粉末収集システム45は、粒子をホッパ44中に引き込むための、様々な吸引アセンブリまたは真空アセンブリを備えることができる。例えば、粒子を加工物12から引き離し、ホッパ44中に引き込むために、(図2Aおよび図2Bに示す)吸引ポンプまたは真空ポンプ46を設けることもできる。十分な量の粉末が生産されたときに、ホッパ44を空にするためにも吸引器を使用できる。例えば、吸引器は、排出口または出口を通して、粒子をホッパ44から引き出し、別の保管コンテナ中に引き込むために使用することもできる。

#### 【0065】

一部の例では、旋盤装置10はさらに、1つまたは複数の放射線ビームを加工物12に向けるように構成された、(図2Aに概略的に示す)放射線源48を1つまたは複数備える。例えば、放射線源48はレーザビームとすることができ、加工物12のうち、カッタ38によって接触されている部分の近傍で加工物12に放射線を加えることが、加工物12の表面から粒子を除去するのを助けるかまたは強化すると考えられる。例えば、加工物12の表面を軟化させるかまたは弱めるために、レーザビームを加工物12に向けることができる。このようにして加工物12の表面を処理することで、加工物12から粒子を引き離すためにカッタ38によって加えなければならない力を軽減させることができる。

#### 【0066】

##### 粉末生産方法

旋盤装置10および加工物12について説明してきたが、ここで、旋盤装置10を用いて粉末を生産するための方法を詳細に説明する。粉末を生産する方法を実行するためのステップのフローチャートを図4に示す。一部の例では、図4の方法のステップの多くが、旋盤装置10に関連付けられた自動制御システムによって自動的に実行される。具体的には、旋盤装置10の動作パラメータを選択および調節するためのステップの多くを、自動的に実行することができる。一部の例では、形成予定の粉末について、ユーザがコントローラまたは制御システムに指示を与えてよい。例えば、ユーザは、形成予定の粉末に関して、目標の粒度、粒度分布、またはPSDを手動で入力してよい。ユーザは、生産予定の粉末の総体積または総質量も入力できる。その場合、コントローラまたは制御システムは、選択された特徴を有する粉末を生産するための動作パラメータまたはプログラムを算出し、プログラムを実行するために旋盤装置10に動作指示を出すように構成することができる。指定量の粉末が生産され、プログラムが完了すると、コントローラまたは制御システムは、ドライバ24を停止し、一部の例では、粉末の生産が完了したことをユーザに通知するように構成することができる。

## 【0067】

他の例では、この方法の一部の態様は手動で実行または制御することができる。例えば、ユーザは、旋盤装置10のための動作パラメータを手動で入力し、旋盤装置10を作動させて粉末の生産を開始し、十分な量の粉末が生産されたときに旋盤装置10を手動で停止することができる。

## 【0068】

粉末生産方法は、まず、ステップ410で、生産予定の粉末に関するインプットを受信または判定することを含むことができる。前に論じたように、インプットは、目標の粒子粒度または粉末粒度分布(PSD)を含むことができる。インプットは材料のタイプ、材料の密度、加工物の質量、長さ、直径、または旋盤装置10の動作を制御するために必要な他の任意の特徴など、加工物についての情報も含むこともできる。インプットは、生産されるべき粉末の量(例えば、総質量または総体積)についての情報を含むこともできる。

10

## 【0069】

ステップ412で、長形加工物12が旋盤装置10に用意される。前に論じたように、加工物12は、概して、注型成形、鍛造、または押出し成形できる材料から形成された、長形部材またはロッドである。一部の例では、加工物12を用意することは、旋盤装置10で使用するために加工物12を適切な長さに切断することと、図1Aおよび図1Bに示すように加工物12の端部14を旋盤装置10のリテーナアセンブリ20に挿入することを含む。

20

## 【0070】

ステップ414で、加工物12の特徴を判定することができる。ほとんどの場合、このような判定は自動的に起こることになる。例えば、旋盤装置10は、加工物12の幾何形状を判定するために加工物12を走査するように構成することができる。加工物12を走査するために、旋盤装置10は、加工物12の画像を取得する光学センサを1つまたは複数含むことができる。画像は、例えば、加工物12の(図2Aおよび図2Bに示す)長さL2および直径D5を判定するために処理することができる。本書で詳細に説明するように、加工物12の長さL2および直径D5は、カッタアセンブリ34、36の移動を制御するために用いることができる。例えば、直径D5は、カッタアセンブリ34、36のための振幅を決定するのに適している場合がある。他の例では、加工物12の幾何形状についての情報を、ユーザによって旋盤装置10に提供することができる。例えば、ユーザが、制御システム100によって処理するための加工物12の長さ、直径、形状、および他の特性についての情報を手動で入力することができる。

30

## 【0071】

ステップ416で、この方法はさらに、生産予定の粉末に関するインプット(例えば、粒子粒度および粉末の総体積または総質量)および判定された加工物12の幾何形状に基づいて、旋盤装置10のための動作パラメータを決定することを含む。旋盤装置10の動作パラメータは、例えば、カッタアセンブリ34、36の往復動速度または振動数および加工物12に対するカッタ38の振幅を含むことができる。動作パラメータは、リテーナアセンブリ20によって制御される加工物12の回転速度または軸方向移動速度を含むこともできる。一部の例では、動作パラメータは、ルックアップテーブルから取得できるか、または、所与の粒子粒度および加工物の直径に関して最適化された動作パラメータを旋盤装置10に提供する較正曲線もしくは較正式から算出できる。ルックアップテーブルおよび/または較正曲線の値は実験に基づいて決定することができる。あるいは、このような値は、例えば、加工物12およびカッタ38をモデリングするためのコンピュータモデリングソフトウェアを用いて、数学的に導くことができる。

40

## 【0072】

目標粒子粒度または目標粒子分布を実現する動作パラメータが決定されると、ステップ418で、旋盤装置10は、自動的にまたは手動で、決定された動作パラメータで粒子を生産するためのプログラムまたは指示を実行するように構成することができる。例えば、

50

制御システム 100 は、決定されたパラメータに関して、旋盤装置 10 の動作パラメータを自動的に調節するように構成することもできる。他の例では、ユーザは、適切なインターフェース装置を用いて、旋盤装置 10 のための動作パラメータを手動で選択または入力してよい。

#### 【0073】

ステップ 420 で、この方法はさらに、粒子を生産するように、長形加工物 12 の外面を往復動カッタ 38 と繰り返し接触させるステップを含む。具体的には、旋盤装置 10 は、所望の粒度および形状の粒子を形成するために、動作パラメータに従って、リテーナアセンブリ 22 およびカッタアセンブリ 34、36 の駆動機構 24、40 を動作させてよい。具体的には、カッタアセンブリ 34、36 は、指定の粒度および形状の粒子を生産するように、十分な振動数で動作することができる。一部の例では、前に論じたように、旋盤装置 10 のリテーナアセンブリ 20 は、加工物 12 がカッタ 38 によって接触されているときに加工物 12 を回転させる。加工物 12 を回転させると、加工物 12 の表面の様々な部分がカッタ 38 に曝露される。有利には、加工物 12 の様々な部分をカッタ 38 に曝露すると、生産プロセス中の加工物の摩耗を確実に一様にするのを助ける。

#### 【0074】

ステップ 422 で、カッタ 38 と加工物 12 との接触から生産される粒子は、旋盤装置 10 の収集容器またはホッパ 44 に収集される。例えば、前に論じたように、加工物 12 からの粒子は、重力によって収集容器またはホッパ 44 に落下することもできる。他の例では、吸引システムまたは真空システムを用いて、生産される粒子を収集容器またはホッパ 44 中に引き込むことができる。

#### 【0075】

ステップ 424 で、収集された粒子は、収集容器 44 に位置するセンサによって特徴を描写できる。例えば、センサを用いて、粒子の粒度、形状、および他の特徴を検出することができる。一部の例では、検出された特徴は、ステップ 410 で受信したユーザインプットと比較することができる。収集された粒子が受信したインプットと異なる場合は、そのような差を考慮に入れて、旋盤装置 10 の動作パラメータを動的に調節することができる。例えば、粒子が小さ過ぎる場合、カッタの振幅を増大できかつ/または回転振動数を増大でき、そうすることで、より大きい粒子が生産されるようになる。

#### 【0076】

一部の例では、旋盤装置 10 の動作パラメータは、旋盤装置 10 の使用中に動的に調節することができる。例えば、旋盤装置 10 は、初期のまたは第 1 の期間に初期の動作パラメータを用いて設定してよい。初期のまたは第 1 の期間の後に、動作パラメータは、旋盤装置 10 に別の粒度または形状の粒子を生産させるように変更することができる。このように、旋盤装置 10 を使用すると、粒子の多くの部分が別々の 2 以上の目標粒子粒度または目標粒度範囲内に収まる粉末を生産することができる。例えば、前述のように、粒子の 50% が第 1 の範囲（例えば、20  $\mu\text{m}$  から 30  $\mu\text{m}$  の粒径を有する粒子）内に収まり、粒子の 50% が第 2 の範囲（例えば、70  $\mu\text{m}$  から 80  $\mu\text{m}$ ）内にある粉末を生産することもできる。一部の事例では、形成される粒子のごく一部がいずれの範囲内にも収まらなくてよい。

#### 【0077】

ステップ 426 で、この方法はさらに、粒子が生産されているときに加工物 12 をモニタリングすることを含むことができる。例えば、旋盤装置 10 および制御システム 100 は、カッタ 38 と繰り返し接触することによる加工物 12 の幾何形状の変化を把握するように構成することができる。前に論じたように、粒子が生産されているときは、加工物 12 の直径が小さくなることがある。この方法は、加工物 12 の直径のこのような変化を考慮に入れるように、旋盤装置 10 の動作パラメータを周期的に更新することを含むことができる。また、加工物 12 は、加工物 12 が確実に一様に摩耗し実質的に円柱形状を確実に維持するために、モニタリングすることができる。加工物 12 が一様に摩耗していないと判定される場合は、カッタアセンブリ 34、36 は、より一様な摩耗を促すために加工物

10

20

30

40

50

12の様々な領域に接触するように移動することができる。

【0078】

ステップ428で、一部の例では、粉末が生産される後に、この方法は、任意選択でさらに、例えば熱および/または研磨力を粒子に加えることによって、複数の粒子を球形化することを含む。本書では、球形化とは、球形にさらによく似た形になるように、形成される粒子の形状に影響を与えるための、いくつかの化学処理、熱処理、または機械加工のうちいずれかを指す。球形の粒子は、特に微細粒子の場合、概して、非球形の粒子よりも流量が豊富である。微細粒子は、概して、より大きい粒子と比較すると流動しにくい。微細粒子を球形にすると流量が改善される。また、本書で開示する装置10および方法は、粒子の表面に汚染を持ち込むとは考えられず、粒子を球形化することは、粒子を精製しかつ/または汚染物が存在するならその汚染物を粒子の表面から取り除くことにもなる。

10

【0079】

理論に縛られるつもりはないが、一定の付加製造プロセスには極めて均一の球形の粒子が好ましい場合があると考えられる。特に、現在利用可能なレーザ粉末床方式と共に使用する業界で、球形の粒子が好ましいことが多い。他の付加製造プロセスは、形態学が無関係の場合もあり、非球形の粒子が好まれることもある。前に論じたように、異なるカッティングアセンブリ34、36を用いて、一定の非球形の形状を得ることができる。また、他の非球形の粒子形態を得るために、形成される粒子に他の加工技術を利用することもできる。

20

【0080】

粉末生産システム

旋盤装置10および粉末を生産する方法の特性を説明してきたが、ここで、粉末を生産するように旋盤装置10を制御するための制御システム100の電気要素を詳細に説明する。システム100の概略図を図5に示す。システム100は加工物12を含む旋盤装置10を備え、加工物12は、粒子を生産するように、カッタ38によって接触されるように構成される。システム100はさらに、旋盤装置10の電気機械部品に電氣的に接続されるコントローラ110を備える。例えば、コントローラ110は、少なくとも、リテーナアセンブリ20の駆動機構またはドライバ24、およびカッタアセンブリ34、36の往復動駆動機構40に電氣的に接続することができる。コントローラ110は、旋盤装置10のコンピュータプロセッサ、または旋盤装置10と有線通信もしくは無線通信する別個の電子デバイスのプロセッサとすることができる。例えば、図5に示すように、コントローラ110は、当技術分野で知られているように、コンピュータタブレット、端末、ラップトップ、デスクトップ、または同様のコンピュータ装置など、携帯型または据え置き型のコンピュータ装置112に関連付けることができる。

30

【0081】

コントローラ110は、ユーザの選択および動作指示を受信するための1つまたは複数のインプット要素114に接続することもできる。例えば、インプット要素114は、旋盤装置10のボタンおよび/またはタッチ画面表示器を備えることができる。他の例では、インプット要素114は、携帯型または据え置き型のコンピュータ装置112のキーボード、マウス、タッチ画面表示器、または同様のデータ入力アクセサリとすることもできる。他の例では、インプット要素114は、遠隔電子デバイスおよびネットワークからの指示を受信するように構成された、有線または無線の通信インターフェース116とすることができる。例えば、ユーザは、遠隔コンピュータ装置を用いて指示を入力してよい。入力される指示は、コントローラ110によって通信インターフェース116を介して伝達および受信することができる。

40

【0082】

一部の例では、少なくとも1つのコントローラ110は、インプット要素114を介してユーザからの動作指示を受信する。動作指示は、旋盤装置10のための手動で入力される動作パラメータを含む。例えば、ユーザは、カッタアセンブリ34、36に関する振動数または振幅を手動で入力してよい。その場合、コントローラ110は、手動で入力され

50

たパラメータに従って旋盤装置 10 を動作させるように、旋盤装置 10 に指示を送信するように構成することができる。

【0083】

他の例では、図 4 のステップ 410 に関連して説明したように、ユーザは、生産予定の粒子または粉末についての情報を入力する。例えば、ユーザは目標粒子粒度または目標粒子粒度分布を入力することができる。コントローラ 110 は、ユーザから受信されるインプットに基づいて旋盤装置 10 のための動作パラメータを決定するように構成することができる。例えば、動作パラメータは、ルックアップテーブルまたは校正曲線の値から、また目標の粒子粒度または分布および加工物の幾何形状に基づいて、決定または算定することができる。新たな動作パラメータが判明または決定されると、コントローラ 110 は、旋盤装置 10 が新たな動作パラメータに従って動作するように、旋盤装置 10 の動作パラメータを設定または調節するように構成することができる。

10

【0084】

一部の例では、システム 100 はさらに、コントローラ 110 に電氣的に接続されるセンサ 118、120 を備える。例えば、システム 100 は、加工物 12 を走査するための、旋盤装置 10 上に配置されるセンサ 118 を含むことができる。センサ 118 は、旋盤装置 10 上でカッタアセンブリ 34、36 またはリテーナアセンブリ 20 の近傍に装着することができる。センサ 118 は、加工物 12 の画像を取得するように構成された光学センサとすることができる。画像は、例えば、加工物 12 の直径および/または長さを判定するために処理することができる。センサ 118 からの情報は、カッタアセンブリ 34、36 との繰り返しの接触によって起こる加工物 12 の幾何形状の変化をモニタリングするように、コントローラ 110 によって受信および処理することができる。

20

【0085】

システム 100 は、収集容器またはホッパ 44 の近くにまたはその中に配置されるセンサ 120 を含むこともできる。センサ 120 は、生産される粒子の特徴を表す情報を検出するように構成することができる。例えば、センサ 120 は、収集容器 44 に落下する粒子がセンサ 120 の視野内を通るように、収集容器またはホッパ 44 の開放部の近くに配置することもできる。センサ 120 は、視野内を通る粒子についての情報を検出するように構成することができる。例えば、このようなセンサ 120 は、粒子の平均粒子体積、中央粒子体積、粒子体積分布、または平均球形度を含む、粒子の特徴を測定するように構成することができる。システム 100 は、生産される粉末の質を測定するための、ホッパ 44 内に配置されるかまたはそれに関連付けられるセンサ 122 を含むこともできる。例えば、センサ 122 は、生産される粉末の総質量を測定するためのスケールを備えることができる。センサ 122 は、生産される粉末の総体積を測定するように構成することもできる。

30

【0086】

一部の例では、コントローラ 110 は、センサ 118、120、122 によって検出された情報を受信し、受信された情報に基づいて旋盤装置 10 のための動作パラメータを調節するように構成することができる。このように、センサ 118、120、122 に関する情報は、旋盤装置 10 の動作を最適化または調節するためのフィードバックループとして使用することができる。例えば、加工物 12 の幾何形状の変化についての情報を用いて、旋盤装置 10 の動作パラメータを更新でき、そうすることで、旋盤装置 10 は目標粒子粒度の粒子を生産し続ける。具体的には、前に論じたように、加工物 12 の直径は、加工物 12 からの粒子の形成によって小さくなる。振幅および回転速度を含む動作パラメータは、このような加工物 12 の直径の変化を考慮に入れて調節する必要がある場合がある。また、収集容器 44 のセンサ 120、122 からの情報は、生産されている粒子の特徴を判定することができる。検出された情報に基づいて、平均粒子体積または粒度が予期または目標の粒子体積または粒度とは異なるとコントローラ 110 が判定する場合、コントローラ 110 は、このような差を考慮に入れるように旋盤装置 10 の動作パラメータを調節するように構成することができる。例えば生産されている粒子が目標粒子粒度よりも大き

40

50

いと判定される場合、カッタアセンブリ34、36の往復振動数を増大させて、カッタ38が加工物12と接触状態にある時間を短縮することもできる。同様に、カッタアセンブリ34、36の振幅は、カッタ38が加工物12の中までは押し込まれないように調節することもでき、そうすることによって、より小さい粒子が生産される。

#### 【0087】

粉末を生産するシステムのためのユーザインターフェース

一部の例では、システム100はさらに、コントローラ110と有線通信または無線通信するユーザインターフェースモジュール124を備える。概略的には、ユーザインターフェースモジュール124は、目標粒子粒度および粒子の他の特徴についてのインプットなど、ユーザインプットを受信する。コントローラ110は、それらインプットを処理し、前述のように、少なくとも部分的に、受信されたユーザインプットに基づいて、旋盤装置10の動作を制御することができる。コントローラ110は、形成されている粒子および/または製造プロセスについての通知およびフィードバックをユーザインターフェースモジュール124に提供することもできる。例えば、コントローラ110は、製造プロセスの様々な面が完了したときに通知を発することができる。コントローラ110は、粉末形成プロセスの進捗をモニタリングし、例えば、残り時間を見積もることもできる。このような情報および通知は、ユーザインターフェースモジュール124に提供することができる。ユーザインターフェースモジュール124によって、視覚的表示器126などのフィードバック装置がユーザに情報を提供できる。

10

#### 【0088】

ユーザインターフェース124は、ユーザからインプットを受信しユーザにフィードバックを提供するための、いくつかのアプリケーション画面またはページを含むことができる。このような画面の例を図6A～図6Cに示す。

20

#### 【0089】

図6Aに、旋盤装置10のための初期インプット画面610の一例を示す。初期インプット画面610は、生産される粉末についての情報をユーザが入力できるデータ入力フィールドをいくつか備えることができる。例えば、画面610は、ユーザが目標粒子粒度を入力するフィールド612を1つまたは複数備えることができる。画面610は、特定の粒度にすべき粒子の割合をユーザが指定するフィールド614を含むこともできる。例えば、図6Aに示すように、粒子の50%は粒径が約25 $\mu\text{m}$ にすべきであり、粒子50%は約50 $\mu\text{m}$ にすべきであると、ユーザが指定することができる。ユーザは、生産予定の粉末に関するインプットを入力することもできる。例えば、画面610は、必要とされる粉末の総質量をユーザが入力するフィールド616を含むことができる。一部の例では、画面610は、加工物12についての情報（例えば、加工物の長さおよび初期の直径）を入力するためのセクション618を含むこともでき、その情報は、旋盤装置10のための動作パラメータを判定するために使用できる。他の例では、前に論じたように、加工物12についての情報は、旋盤装置10に関連付けられたセンサによって自動的に判定することができる。一部の例では、セクション618は、例えば、ユーザが（例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、ニッケル合金、およびチタンを含むリストから）原料物質を特定できるようにする、ドロップダウンリストまたはドロップダウンメニューを含むこともできる。セクション618は、ユーザが生産予定の粒子の形態を選択できるようにするドロップダウンリストまたはドロップダウンメニューを含むこともできる。一部の事例では、装置10の一定の動作パラメータは、指定の形態を有する粒子が生産される可能性を高めるように調節することができる。前に論じたように、粒子は、より特有の粒子形態を得るために、例えば、後処理をすることによって改変することもできる。

30

40

#### 【0090】

図6Bに、旋盤装置10が使用中の間にユーザに提示できる画面630を示す。例えば、画面610に提示されるユーザインプットを用いて、旋盤装置10による粉末を生産するプログラムの実行の進捗状況をユーザに知らせるために、画面630をユーザに示すことができる。使用中の画面630は、生産されている粉末についての累積的情報を有する

50

セクション 6 3 2 を備えることができる。例えば、セクション 6 3 2 は、平均粒子粒径、平均粒子体積、平均球形度、および同様の情報を含む、生産される粒子の特徴に関するリアルタイムデータを含むことができる。画面 6 3 0 は、プログラム完了に向かった進捗についての情報を有するセクション 6 3 4 を含むこともできる。例えば、セクション 6 3 4 は、その時点で生産済みの粉末の総質量または総体積についての情報を含むこともできる。セクション 6 3 4 は、例えば、必要な粉末の総体積または総質量が生産されるまでの推定時間を示すカウントダウンタイマ 6 3 6 を含むこともできる。

#### 【 0 0 9 1 】

図 6 C にプログラム完了画面 6 5 0 を示す。このプログラム完了画面 6 5 0 は、旋盤装置 1 0 が初期のユーザインプットに従った粉末の用意を完了した後でユーザに表示することができる。画面 6 5 0 は、例えば、プログラムが完了したことをユーザに知らせる、文字通知 6 5 2 を含むことができる。画面 6 5 0 はさらに、例えば、要した総時間、生産された粉末の総質量、または生産された粉末の総体積を含む、完了したプログラムに関する統計値を有するセクション 6 5 4 を備えることができる。例えば、画面 6 5 0 はさらに、例えば生産された粉末の粉末粒度分布 ( P S D ) を示すグラフ 6 5 6 を備えることができる。画面 6 5 0 は、例えば、平均粒子粒径、平均粒子体積、または平均球形度を含む、粉末の粒子についての情報を有するセクション 6 5 8 を含むこともできる。粒子の特徴についての情報は、前述のように、収集容器 4 4 に関連付けられたセンサによって収集することができる。

10

#### 【 実施例 】

20

#### 【 0 0 9 2 】

本書で開示する方法を用いて粒子を生産した。約 2 0 k H z の低超音波振動数で、鍛造金属の供給材料をカット装置によって繰り返し接触して、粒子からなる粉末を生産した。形成された粒子は粒度が約 5 0  $\mu\text{m}$  から 7 5  $\mu\text{m}$  であった。形成された粒子は形状が概して三角形であった。しかし、旋盤装置の動作パラメータの最適化および / または後処理によって、本書で開示する方法を用いて球形の粒子を生産できると考えられる。

#### 【 0 0 9 3 】

形成した粒子の 2  $\mu\text{m}$  走査による C T 画像を取り込んで検討した。取り込んだ C T 画像を図 7 A ~ 図 7 C に示す。C T 画像によれば、形成した粒子は気孔の観点からはきれいに見えた。具体的には、粒子には閉鎖 ( 例えば、独立 ) 気孔の証拠は見られなかった。

30

#### 【 0 0 9 4 】

現在最も実用的かつ好ましい実施形態であると考えられるものに基づいて、例示のために本発明を詳細に説明してきたが、このような詳細は単に例示目的であることと、本発明は開示した実施形態に限定されず、逆に、修正および均等な構成を包含するものであることを理解されたい。さらに、本発明は、可能な限り、任意の実施形態の 1 つまたは複数の特性を他の任意の実施形態の 1 つまたは複数の特性と組み合わせできることを企図すると理解されたい。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 9 5 】

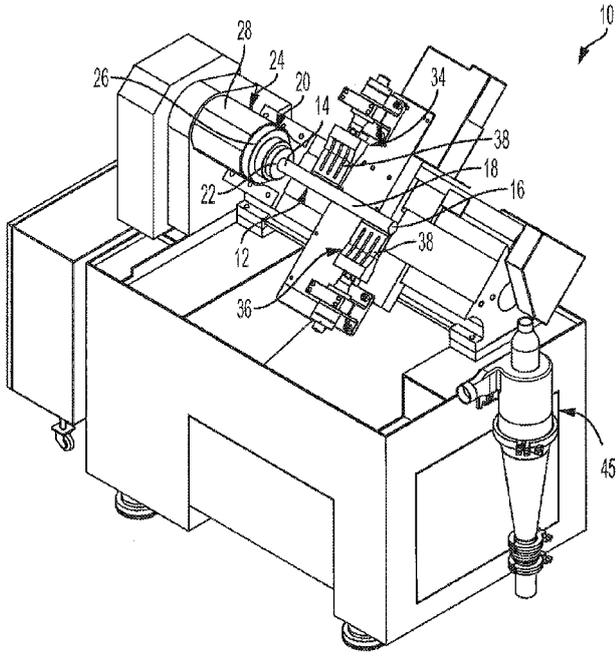
- 1 0 旋盤装置
- 1 2 長形加工物
- 1 4 近位端
- 1 6 遠位端
- 1 8 本体
- 2 0 リテーナアセンブリ
- 2 2 ロック構造
- 2 4 ドライバ ( 駆動機構 )
- 2 6 回転スピンドル
- 2 8 ドライブシャフト
- 3 0 モータ

40

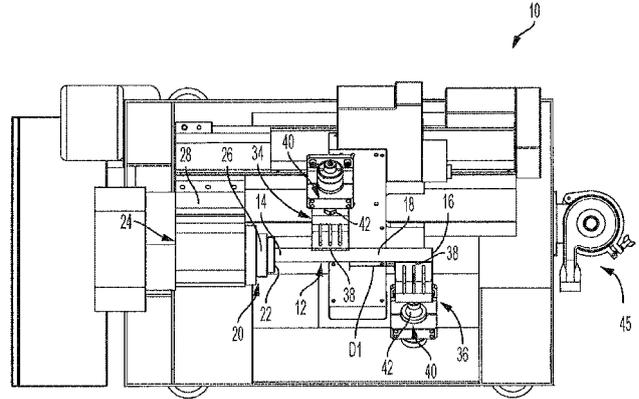
50

3 2	リニアアクチュエータ	
3 4	カッタアセンブリ	
3 6	カッタアセンブリ	
3 8	カッタ	
4 0	ドライバ ( 駆動機構 )	
4 2	共振構造	
4 4	ホッパ	
4 5	粉末収集システム	
4 6	真空ポンプ	
4 8	放射線源	10
6 0	ベース	
6 2	先端部	
6 4	湾曲面	
6 6	ベース	
6 8	先端部	
7 0	湾曲面	
7 2	面	
7 4	ベース	
7 6	湾曲面	
7 8	湾曲面	20
8 0	縁部	
9 0	粒子	
1 0 0	制御システム	
1 1 0	コントローラ	
1 1 2	コンピュータ装置	
1 1 4	インプット要素	
1 1 6	通信インターフェース	
1 1 8	センサ	
1 2 0	センサ	
1 2 2	センサ	30
1 2 4	ユーザインターフェースモジュール	
1 2 6	視覚的表示器	
6 1 0	画面	
6 1 2	フィールド	
6 1 4	フィールド	
6 1 6	フィールド	
6 1 8	セクション	
6 3 0	画面	
6 3 2	セクション	
6 3 4	セクション	40
6 3 6	カウントダウンタイマ	
6 5 0	画面	
6 5 2	文字通知	
6 5 4	セクション	
6 5 6	グラフ	
6 5 8	セクション	

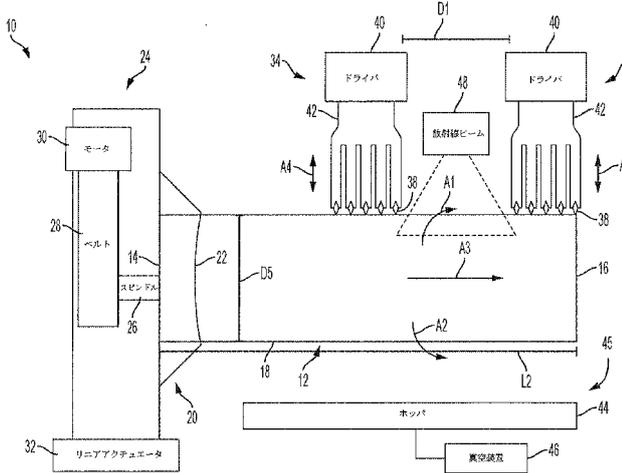
【図1A】



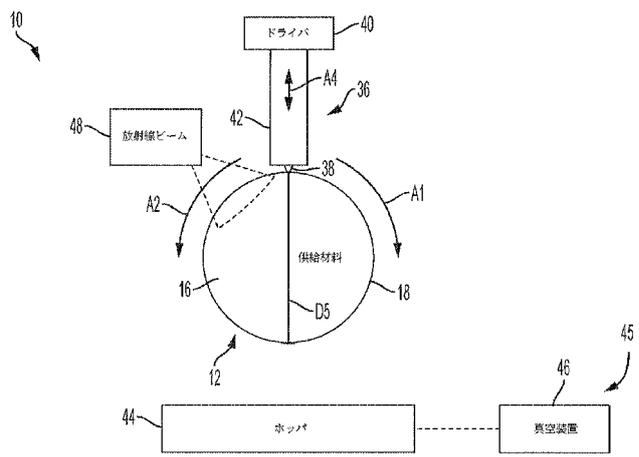
【図1B】



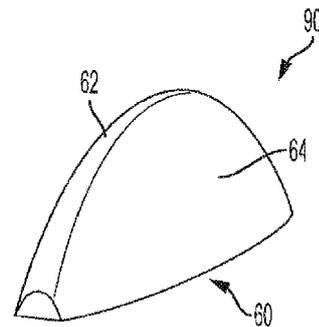
【図2A】



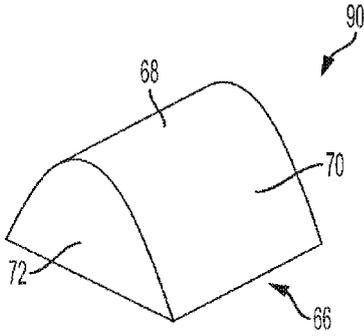
【図2B】



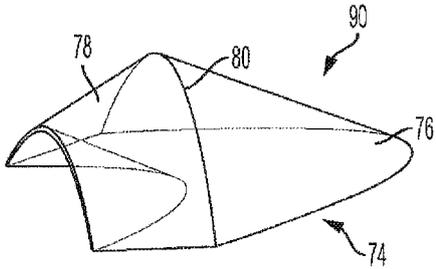
【図3A】



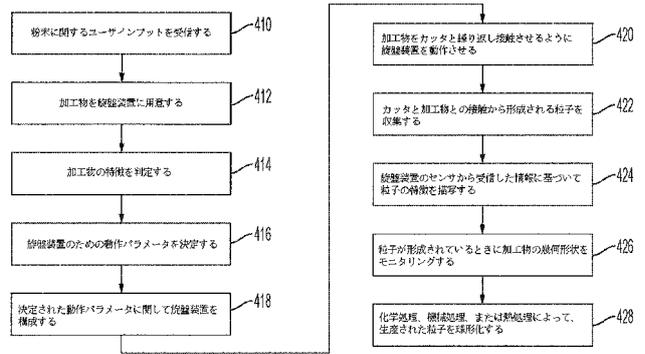
【図3B】



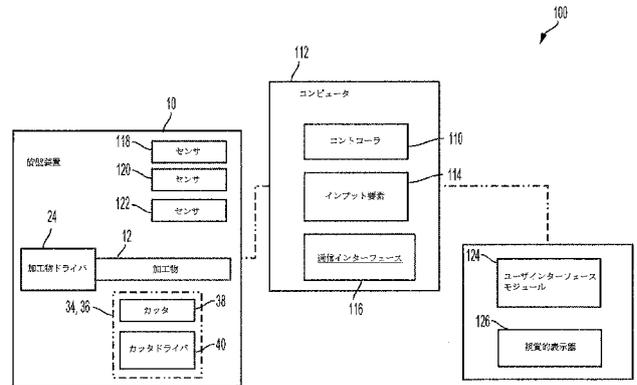
【図3C】



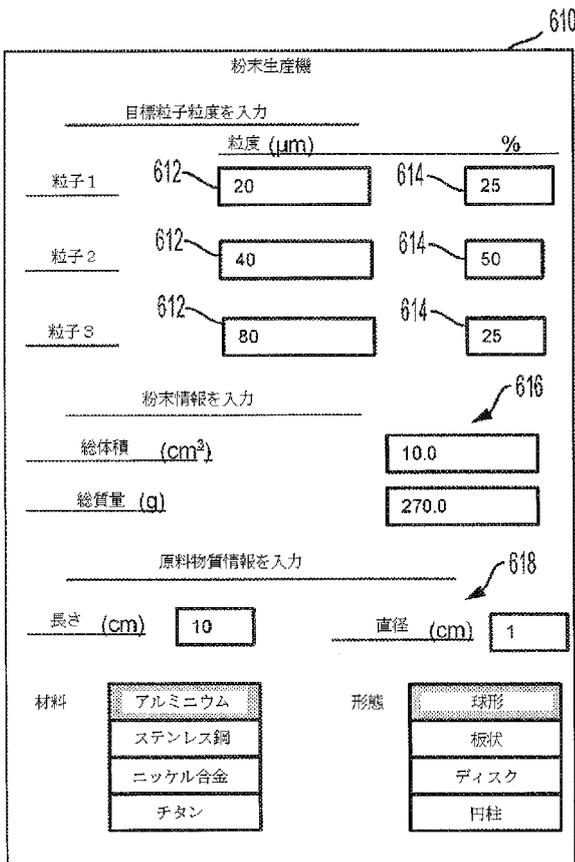
【図4】



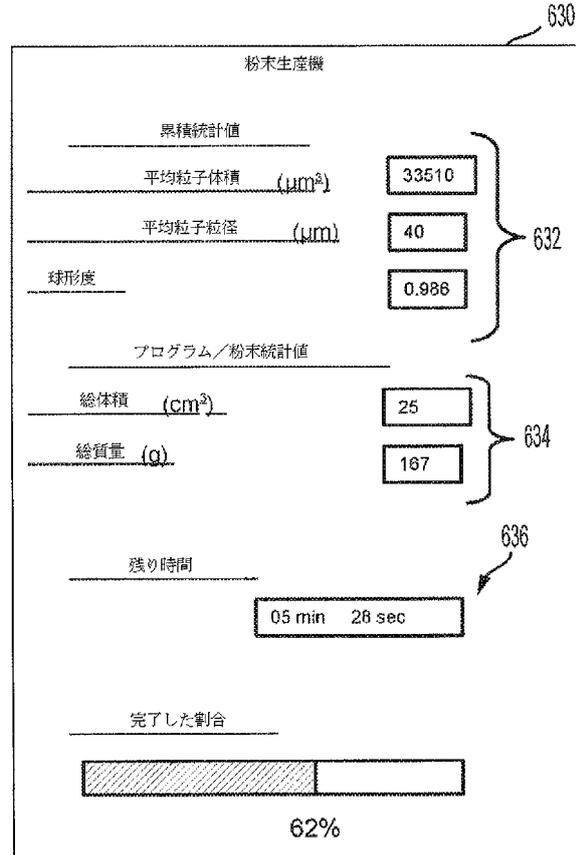
【図5】



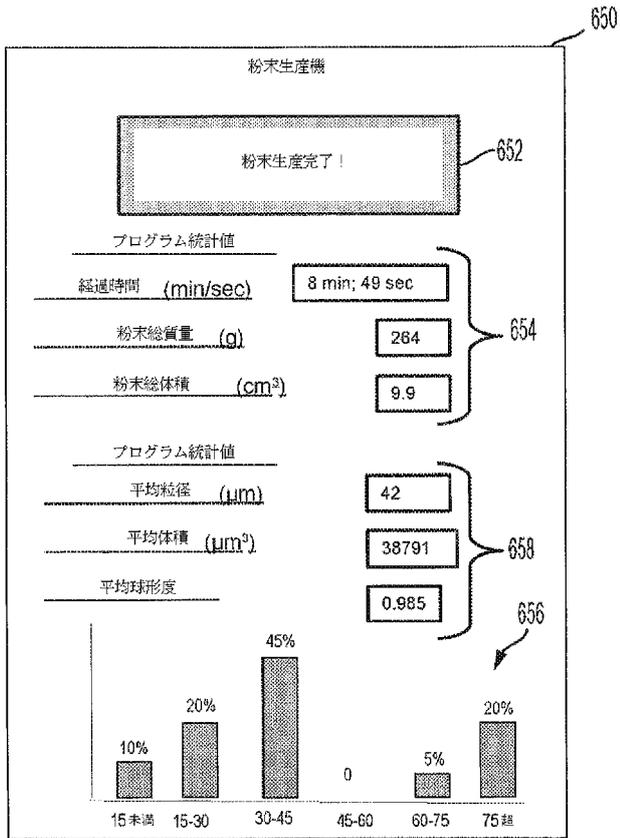
【図6A】



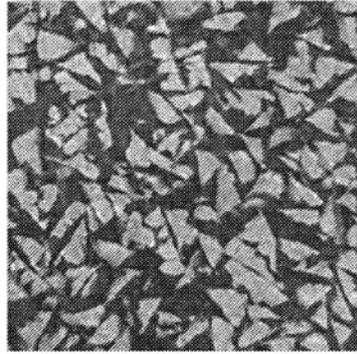
【図6B】



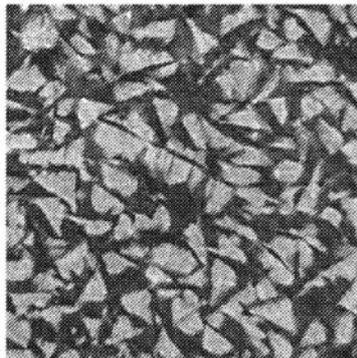
【 図 6 C 】



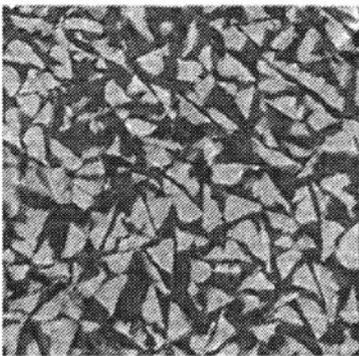
【 図 7 A 】



【 図 7 B 】



【 図 7 C 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2019/025805
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>B22F 9/04(2006.01)i, B22F 1/00(2006.01)i, B29B 9/02(2006.01)i, B33Y 70/00(2015.01)j</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F 9/04; B02C 18/16; B02C 23/04; B22F 1/00; B22F 9/06; B23B 41/00; B23C 3/13; B23P 23/00; B29B 9/02; B33Y 70/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO Internal) & keywords: cutter, powder, frequency, vibrate, diameter, size distribution, reciprocating, driver, collection vessel		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 09-184002 A (TOKYO SEIKO CO., LTD.) 15 July 1997 See paragraphs [0002], [0020], [0022]-[0027], [0032]-[0034], claim 1, and figures 1-2, 4.	1-22, 25-27
A		23-24
Y	KR 10-0142075 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 01 July 1998 See page 2, line 26 - page 3, line 25, claims 1-2, and figures 1-2.	1-22, 25-27
Y	EP 0457920 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 27 November 1991 See claim 1.	17
Y	US 2007-0169325 A1 (JANCSO, ALEX) 26 July 2007 See paragraph [0016] and claim 1.	18
Y	JP 2001-137738 A (NATL. INST. OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY METI et al.) 22 May 2001 See paragraphs [0019], [0022] and figure 1.	21-22, 27
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 19 July 2019 (19.07.2019)		Date of mailing of the international search report <b>19 July 2019 (19.07.2019)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8378		Authorized officer LEE, Se Gyoung Telephone No. +82-42-481-8740

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2019/025805**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 09-184002 A	15/07/1997	None	
KR 10-0142075 B1	01/07/1998	JP 05-023901 A JP 2686000 B2 KR 10-1993-0002026 A US 5218893 A	02/02/1993 08/12/1997 22/02/1993 15/06/1993
EP 0457920 A1	27/11/1991	DE 69032249 T2 EP 0457920 A4 EP 0457920 B1 JP 03-180401 A JP 03-238132 A JP 04-009239 A JP 04-009240 A JP 04-066601 A JP 04-066602 A JP 04-066603 A JP 04-071745 A JP 04-072001 A JP 07-017921 B2 JP 2775984 B2 JP 3087254 B2 KR 10-1992-0702829 A KR 10-1996-0000332 B1 SG 44543 A1 US 5761779 A WO 91-08850 A1	29/10/1998 15/09/1993 15/04/1998 06/08/1991 23/10/1991 14/01/1992 14/01/1992 03/03/1992 03/03/1992 03/03/1992 06/03/1992 06/03/1992 01/03/1995 16/07/1998 11/09/2000 28/10/1992 05/01/1996 19/12/1997 09/06/1998 27/06/1991
US 2007-0169325 A1	26/07/2007	AT 400388 T DE 102006003682 A1 EP 1810767 A1 EP 1810767 B1 JP 2007-196373 A KR 10-2007-0077783 A US 7257879 B1	15/07/2008 26/07/2007 25/07/2007 09/07/2008 09/08/2007 27/07/2007 21/08/2007
JP 2001-137738 A	22/05/2001	JP 4697992 B2	08/06/2011

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	B 2 2 F 1/00	U
	B 2 2 F 1/00	R
	B 3 3 Y 30/00	
	B 3 3 Y 10/00	

(81) 指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72) 発明者 パーンズ, ジョン, イー.  
 アメリカ合衆国 1 5 1 4 3 ペンシルベニア スイークレイ オーチャード ストリート 4 1  
 5

(72) 発明者 アルドリッジ, クリストファー, ビー.  
 アメリカ合衆国 7 8 7 2 7 テキサス オースチン テラ ノバ レーン 1 2 6 0 8  
 Fターム(参考) 4K017 AA03 AA04 BA01 BA02 BA03 BA06 BA07 BA10 CA01 CA03  
 CA07 EA07  
 4K018 BA01 BA03 BA04 BA08 BA15 BA16 CA44 EA51