

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7335320号
(P7335320)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類	F I			
B 2 2 F 9/04 (2006.01)	B 2 2 F 9/04	B		
B 2 2 F 1/00 (2022.01)	B 2 2 F 1/00	M		
	B 2 2 F 1/00	N		
	B 2 2 F 1/00	R		
	B 2 2 F 1/00	T		
請求項の数 23 (全24頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号	特願2021-503707(P2021-503707)	(73)特許権者	520385010
(86)(22)出願日	平成31年4月4日(2019.4.4)		メタル パウダー ワークス, エルエル
(65)公表番号	特表2021-520452(P2021-520452		シー
	A)		METAL POWDER WORKS,
(43)公表日	令和3年8月19日(2021.8.19)		LLC
(86)国際出願番号	PCT/US2019/025790		アメリカ合衆国 1 5 2 1 2 ペンシルベ
(87)国際公開番号	WO2019/195550		ニア ピッツバーグ スイート 1 0 2 サ
(87)国際公開日	令和1年10月10日(2019.10.10)		ウスコモンズ ドライブ 1 0 0
審査請求日	令和4年3月18日(2022.3.18)		1 0 0 South Commons D
(31)優先権主張番号	62/652,473		rive, Suite 102, Pi
(32)優先日	平成30年4月4日(2018.4.4)		ttsburgh, Pennsylv
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		ania 15212 United S
			tates of America
(31)優先権主張番号	62/652,483	(74)代理人	110001070
(32)優先日	平成30年4月4日(2018.4.4)		弁理士法人エスエス国際特許事務所
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 延性材料から粉末を製造するためのシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

延性材料として金属材料を含み、直径または最大寸法が10 μmから200 μmの範囲にある複数の長形部材を用意することと、

粒子を生産するように前記複数の長形部材の端部を繰り返し切断するように構成され、
近位の表面と、遠位の表面と、複数の開口部とを含み、前記複数の開口部のそれぞれが前記複数の長形部材の1つを受容するように構成された振動式ディスクまたは回転式ディスクであって、前記近位の表面または遠位の表面に対して、前記複数の長形部材の長手方向の軸が直交する、前記振動式ディスクまたは回転式ディスクを用意することと、

前記複数の長形部材の端部が前記ディスクの複数の開口部に挿入されるように、前記複数の長形部材の端部を前記ディスクに向かって前進させる、または前記ディスクを前記複数の長形部材の端部に向かって前進させることで、前記複数の長形部材の端部から前記粒子を切り出して複数の粒子を含む粉末を生産すること、
を含む、粉末生産方法。

【請求項 2】

前記複数の長形部材を切断することは、少なくとも1つの所定の供給速度で前記複数の長形部材を前記ディスクに向かって前進させることと、

少なくとも1つの所定の振動数または所定の回転数で、前記複数の長形部材から前記複数の粒子を切り出すように前記ディスクを移動させることと、

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数の長形部材は、引抜き成形された、断面が円形の金属ワイヤを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の長形部材は、鋼、ニッケル、アルミニウム、またはチタンのうちの 1 つまたは複数を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記複数の粒子の直径または最大寸法をセンサにより測定するとき、
前記複数の粒子の総数の少なくとも 95% の粒子が、目標粒度の 10% 以内の直径または最大寸法を有する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記目標粒度は 10 μm から 200 μm の直径または最大寸法を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記複数の粒子の直径または最大寸法をセンサにより測定するとき、
前記複数の粒子の総数の少なくとも 95% の粒子が、15 μm から 100 μm の範囲にある直径または最大寸法を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記複数の粒子の直径または最大寸法をセンサにより測定するとき、
前記複数の粒子の総数の少なくとも 99% の粒子が、15 μm から 100 μm の範囲にある直径または最大寸法を有する、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記複数の長形部材を前記ディスクに向かって前進させることは、
第 1 の所定期間に第 1 の供給速度で前記複数の長形部材を前進させることと、
その後、第 2 の所定期間に第 2 の供給速度で前記複数の長形部材を前進させることと、
を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 の所定期間の間に前記粒子のうちの第 1 の複数の粒子が生産され、前記第 1 の複数の粒子の直径または最大寸法をセンサにより測定するとき、
前記第 1 の複数の粒子の総数の少なくとも 95% の粒子が、第 1 の目標粒度の 10% 以内の直径または最大寸法を有する、請求項 9 に記載の方法。

30

【請求項 11】

前記第 2 の所定期間の間に前記粒子のうちの第 2 の複数の粒子が生産され、前記第 2 の複数の粒子の直径または最大寸法をセンサにより測定するとき、
前記第 2 の複数の粒子の総数の少なくとも 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% 以内の直径または最大寸法を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 の目標粒度および前記第 2 の目標粒度に関する目標粒子粒度分布を選択することと、
前記複数の長形部材を前記ディスクに向かって前進させる前に、前記選択された粒子粒度分布に基づいて前記第 1 の所定期間および前記第 2 の所定期間を決定することと、
を含む、請求項 11 に記載の方法。

40

【請求項 13】

前記複数の長形部材から前記粒子を切り出して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、前記粒子の気孔率が前記長形部材の気孔率と同じになる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記粉末が生産される後に、熱、化学物質、および研磨力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含む、請求項 1 に記載の方

50

法。

【請求項 15】

前記複数の粒子は、センサにより測定された直径または最大寸法が、 $10\ \mu\text{m}$ から $200\ \mu\text{m}$ の範囲にある、請求項1に記載の方法。

【請求項 16】

複数の粒子を含む粉末を生産するためのシステムであって、
延性材料として金属材料を含む複数の長形部材の端部を切断して前記粒子を生産するための、近位の表面と、遠位の表面と、複数の開口部とを含み、前記複数の開口部のそれぞれが前記複数の長形部材の1つを受容するように構成される、少なくとも1つの振動式ディスクまたは回転式ディスクであって、前記近位の表面または遠位の表面に対して前記複数の長形部材の長手方向の軸が直交する、前記振動式ディスクまたは回転式ディスクと、
前記振動式ディスクを所定の振動数で振動させるため、または前記回転式ディスクを所定の回転数で回転させるための、ドライバと、

前記複数の長形部材を前記振動式ディスクまたは回転式ディスクの前記複数の開口部に対して所望の位置に保持するための、少なくとも1つの支持体と、

前記複数の長形部材を前記振動式ディスクまたは回転式ディスクに向かって前進させるように構成される、少なくとも1つのリニアアクチュエータと、
前記ドライバおよび前記少なくとも1つのリニアアクチュエータに電気接続される、少なくとも1つのコントローラであって、前記少なくとも1つのコントローラは、インプット要素を備え、前記少なくとも1つのリニアアクチュエータに、前記複数の長形部材を前記振動式ディスクまたは回転式ディスクに向かって所定の供給速度で移動させ、前記振動式ディスクを所定の振動数で振動させる、または前記回転式ディスクを所定の回転数で回転させるように構成される、少なくとも1つのコントローラと、

を備える、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 17】

前記所定の供給速度および前記所定の振動数または所定の回転数は、前記インプット要素を備える前記コントローラによって受信される、請求項16に記載のシステム。

【請求項 18】

前記複数の長形部材を切断すること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、請求項16に記載のシステム。

【請求項 19】

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18に記載のシステム。

【請求項 20】

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、請求項18に記載のシステム。

【請求項 21】

前記1つまたは複数のセンサは、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20に記載のシステム。

【請求項 22】

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所定の供給速度および前記所定の振動数または所定の回転数のうちの少なくとも1つを自動的に調節するように構成される、請求項16に記載のシステム。

【請求項 23】

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

10

20

30

40

50

的に調節できる、請求項 2.2 に記載のシステム。

【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。

【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、粒子を形成するように押し出し成形部材、引抜き成形部材、または延性部材を切断する装置を用いて、粒度分布が狭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。

10

【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ピ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想される。

20

【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。

30

【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。

40

【0006】

特許文献1は、アトマイズ法によって粒度が0 μmから500 μm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 μm未満であった。生産された粉末の34.9%は粒度が0と45 μm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 μm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 μmから約100 μm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

50

は不均一であり付加製造には適さないもので、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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】米国特許第6,632,394号

10

米国特許第4,382,903号

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。

20

【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、延性材料を含む少なくとも1つの長形部材を用意することと、粒子を生産するように少なくとも1つの長形部材の端部を繰り返し切断するように構成される、回転式カッタまたは振動式カッタを用意することと、少なくとも1つの長形部材から粒子を切り出して、粉末を生産するように、少なくとも1つの長形部材またはカッタのうちの一方を、少なくとも1つの長形部材またはカッタのうちの他方に向かって前進させることとを含む。粉末は、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。

30

【0011】

別の態様によれば、複数の粒子を含む粉末を生産するためのシステムは、粒子を生産するように、延性材料を含む少なくとも1つの長形部材の端部を切断するように構成される、少なくとも1つの回転式または振動式のカッタを含む。カッタは、所定の振動数でカッタを振動または回転させるためのドライバを含む。このシステムはさらに、少なくとも1つの長形部材を少なくとも1つのカッタに対して所望の位置に保持するための、少なくとも1つの支持体と、少なくとも1つの長形部材を少なくとも1つのカッタに向かって前進させるように構成される、少なくとも1つのリニアアクチュエータとを含む。システムはさらに、少なくとも1つのドライバおよび少なくとも1つのリニアアクチュエータに電気接続される、少なくとも1つのコントローラを含む。コントローラは、インプット要素を含み、リニアアクチュエータに少なくとも1つの長形部材をカッタに向かって所定の供給速度で移動させ、カッタに所定の振動数で振動または回転させるように構成される。

40

【0012】

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。

【0013】

項目1: 延性材料を含む少なくとも1つの長形部材を用意することと、粒子を生産するように少なくとも1つの長形部材の端部を繰り返し切断するように構成される、回転式カッタまたは振動式カッタを用意することと、少なくとも1つの長形部材から粒子を切り出して、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

50

を含む粉末を生産するように、少なくとも1つの長形部材またはカッタのうちの一方を、少なくとも1つの長形部材またはカッタのうちの他方に向かって前進させることを含む、粉末生産方法。

【0014】

項目2：少なくとも1つの長形部材を切断することは、少なくとも1つの所定の供給速度で少なくとも1つの長形部材をカッタに向かって前進させることと、少なくとも1つの所定の振動数または回転数で、少なくとも1つの長形部材から複数の粒子を切り出すようにカッタを移動させることとを含む、項目1に記載の方法。

【0015】

項目3：カッタは、少なくとも1つの長形部材を受容するようにサイズ設定された少なくとも1つの開口部を備えた回転ディスクを有する、項目1または項目2に記載の方法。

10

【0016】

項目4：複数の長形部材を用意することと、カッタを用いて複数の長形部材のそれぞれから粒子を同時に切り出すこととを含む、項目1～3のいずれかに記載の方法。

【0017】

項目5：少なくとも1つの長形部材は、引抜き成形された、断面が円形の金属ワイヤを含む、項目1～4のいずれかに記載の方法。

【0018】

項目6：少なくとも1つの長形部材は、鋼、ニッケル、アルミニウム、またはチタンのうちの1つまたは複数を含む、項目1～5のいずれかに記載の方法。

20

【0019】

項目7：少なくとも1つの長形部材は、10 μm以上の粒径または最大寸法を有する、項目1～6のいずれかに記載の方法。

【0020】

項目8：少なくとも1つの長形部材は、10 μmから200 μmの範囲にある粒径または最大寸法を有する、項目1～7のいずれかに記載の方法。

【0021】

項目9：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1～8のいずれかに記載の方法。

【0022】

項目10：目標粒度は10 μmから200 μmの粒径を含む、項目9に記載の方法。

30

【0023】

項目11：複数の粒子のうちの少なくとも95%の粒子が、15 μmから100 μmの範囲にある粒径を有する、項目1～10のいずれかに記載の方法。

【0024】

項目12：複数の粒子のうちの少なくとも99%の粒子が、15 μmから100 μmの範囲にある粒径を有する、項目1～11のいずれかに記載の方法。

【0025】

項目13：少なくとも1つの長形部材を少なくとも1つのカッタに向かって前進させることは、第1の所定期間に第1の供給速度で少なくとも1つの長形部材を前進させることと、その後、第2の所定期間に第2の供給速度で少なくとも1つの長形部材を前進させることとを含む、項目1～12のいずれかに記載の方法。

40

【0026】

項目14：第1の所定期間の間に粒子のうちの第1の複数の粒子が生産され、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%以内の粒径を有する、項目13に記載の方法。

【0027】

項目15：第2の所定期間の間に粒子のうちの第2の複数の粒子が生産され、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%以内の粒径を有する、項目14に記載の方法。

50

【 0 0 2 8 】

項目 1 6 : 第 1 の目標粒度および第 2 の目標粒度に関する目標粒子粒度分布を選択すること、少なくとも 1 つの長形部材をカッタに向かって前進させる前に、選択された粒子粒度分布に基づいて第 1 の所定期間および第 2 の所定期間を決定することを含む、項目 1 5 に記載の方法。

【 0 0 2 9 】

項目 1 7 : 少なくとも 1 つの長形部材から粒子を切り出して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、粒子の気孔率が長形部材の気孔率と実質的に同じになる、項目 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 3 0 】

項目 1 8 : 粉末が生産される後に、熱、化学物質、および研磨力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 ~ 1 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 3 1 】

項目 1 9 : 粒子を生産するように、延性材料を含む少なくとも 1 つの長形部材の端部を切断するように構成される、少なくとも 1 つの回転式または振動式のカッタであって、カッタは所定の振動数でカッタを振動または回転させるためのドライバを備える、カッタと、少なくとも 1 つの長形部材を少なくとも 1 つのカッタに対して所望の位置に保持するための、少なくとも 1 つの支持体と、少なくとも 1 つの長形部材を少なくとも 1 つのカッタに向かって前進させるように構成される、少なくとも 1 つのリニアアクチュエータと、少なくとも 1 つのドライバおよび少なくとも 1 つのリニアアクチュエータに電気接続される、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、インプット要素を備え、リニアアクチュエータに少なくとも 1 つの長形部材をカッタに向かって所定の供給速度で移動させ、カッタに所定の振動数で振動または回転させるように構成される、少なくとも 1 つのコントローラとを備える、複数の粒子を含む粉末を生産するためのシステム。

【 0 0 3 2 】

項目 2 0 : 所定の供給速度および所定の振動数は、インプット要素を備えるコントローラによって受信される、項目 1 9 に記載のシステム。

【 0 0 3 3 】

項目 2 1 : 少なくとも 1 つの長形部材を切断すること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 1 9 または項目 2 0 に記載のシステム。

【 0 0 3 4 】

項目 2 2 : 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 2 1 に記載のシステム。

【 0 0 3 5 】

項目 2 3 : 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 2 1 または項目 2 2 に記載のシステム。

【 0 0 3 6 】

項目 2 4 : 1 つまたは複数のセンサは、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 2 3 に記載のシステム。

【 0 0 3 7 】

項目 2 5 : 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供給速度および所定の振動数のうちの少なくとも 1 つを自動的に調節するように構成される、項目 1 9 ~ 2 4 のいずれかに記載のシステム。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

項目 2 6 : 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 2 5 に記載のシステム。

【 0 0 3 9 】

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 」、 「 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。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 0 】

【 図 1 A 】 本開示の一態様による粒子カッティング装置の概略側面図である。

【 図 1 B 】 図 1 A の装置の概略正面図である。

【 図 2 A 】 本開示の一態様による、粒子装置用のカッティングダイの別の例の概略図である。

【 図 2 B 】 本開示の一態様による、粒子装置用のカッティングダイの別の例の概略図である。

【 図 2 C 】 本開示の一態様による、粒子装置用のカッティングダイの別の例の概略図である。

20

【 図 3 】 本開示の一態様による、粒子カッティング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 4 A 】 本開示の一態様による、粒子カッティング装置の別の例の概略上面図である。

【 図 4 B 】 図 4 A の装置の概略正面図である。

【 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。

30

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 1 】

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。

40

【 0 0 4 2 】

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。

【 0 0 4 3 】

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 1 0 」の範囲は、記載された最小値 1 と記載された最大値 1 0 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

50

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。

【0044】

本書では、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。

【0045】

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。

【0046】

本開示は、シャーリング装置および/またはカッティング装置10、ならびに方法およびこのような装置10のための制御システム100を対象とする。カッティング装置10、方法、および制御システム100は、延性材料から形成された、ワイヤ、ケーブル、フィラメント、またはストランドなどの押出し成形部材または引抜き成形部材から、所望の粒度の粒子を切り出すことによって粉末を生産するように構成される。押出し成形部材または引抜き成形部材は、押出し成形または引抜き成形できる、金属および選択されたポリマーなどの延性材料から形成される粒子を含むことができる。生産される粒子は、3Dプリンティング機およびラピッドプロトタイプング機で使用するような付加製造プロセスに適切なものとして行うことができる。望ましくは、カッティング装置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プ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有する相当量の粉末を必要とする。

【0047】

一部の例では、カッティング装置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 μ m未満の粒径または最大寸法を有し、好ましくは、粒子の少なくとも約95%は、粒度が約10 μ mから約200 μ 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、カッティング装置10は、粒子の少なくとも99%が15 μ mから100 μ 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。

【0048】

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

10

20

30

40

50

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 μmから100 μmでよいと考えられる。例えば、カッティング装置10は、粒子の95%が45 μm ± 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。カッティング装置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 μm ± 10%の粒径または最大寸法を有し、粒子の50%が80 μm ± 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。カッティング装置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。

10

【0049】

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通して流れると考えられる。カッティング装置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、カッティング装置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。

【0050】

さらに、カッティング装置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所望の形状により良好に合うように（例えば、より球形になるように）することができる。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、カッティング装置10による粒子の形成が気孔を取り入れないので、本書で開示するカッティング装置10および方法によって形成される粒子は、原料物質または長形部材12と実質的に同じ気孔率を有する。カッティング装置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ことができる。

20

30

【0051】

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。同様にして、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

40

50

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ング中でも維持されることになる。

【0052】

回転式または振動式の粒子カッタ装置

図1Aおよび図1Bにカッティング装置10を示す。カッティング装置10は、カッティング装置10を通して延びる、押出し成形または引抜き成形された長形部材12の端部から、所望の粒度の粒子を切り取るかつ/または切り出すことによって粒子を生産する。長形部材の数に限定の意図はないが、図1Aおよび図1Bに示すカッティング装置10は長形部材を8本含む。他の例では、生産速度および効率を上昇させるために、カッティング装置10は、追加の長形部材を含むように適合することもできる。例えば、カッティング装置10が長形部材12を12本以上含むこともできる。カッティング装置10は、高精度でかつ高度に制御可能な状態で、長形部材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。長形部材12は、概して、引抜き成形品（例えば、ワイヤ、ケーブル、フィラメント、ロッド、ロッド、またはストランド）であり、その引抜き成形品は、第1の端部または近位端14と、カッタアセンブリ20によって切断されるように構成された第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。

10

【0053】

長形部材12は延性材料から形成することができる。本書では、「延性材料(ductile material)」とは、細いワイヤまたはストランドになるように押出し成形または引抜き成形できる材料を指す。例えば、付加製造プロセスに適した粒度の粒子を生産するために、本書で言及する延性材料は、10 μ m程度の粒径を有する細いワイヤになるように引抜き成形できる必要がある場合がある。一部の例では、長形部材12の粒径は、10 μ mから200 μ m、または好ましくは、15 μ mから100 μ mの範囲に収まることができる。延性材料は、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、材料は再利用材料を含むことができる。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。他の例では、長形部材12は、押出し成形または引抜き成形できるポリマーを含むことができる。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。

20

30

【0054】

カッティング装置10はさらに、長形部材12をカッタアセンブリ20に向かって前進させるように構成される機械式供給アセンブリ22を備えることができる。一部の例では、供給アセンブリ22は、長形部材12を解放するかまたは繰り出すように構成されたモータ24を備える。例えば、モータ24は、長形部材12を受容する1つまたは複数の回転可能なスピンドル(図示せず)に機械連結することもできる。例えば、長形部材12は、スピンドルに連結されるように構成されたスプールに巻いて供給することができる。モータ24は、一様に切断しかつ粒子粒度を制御可能なように調整して長形部材12を繰り出すように、スピンドルを回転させるように構成することもできる。一部の例では、供給アセンブリ22は、長形部材12を独立に繰り出すかまたは解放するように構成された、複数のかつ/または分散された供給モータ24を備えることができる。例えば、各スピンドルを、異なるモータ24に連結し、モータ24によって駆動することもできる。その場合、スピンドルは、各長形部材12の移動に対する制御を強化するために、独立に回転するように構成することができる。

40

【0055】

一部の例では、カッティング装置10はさらに、長形部材12をカッタアセンブリ20に対して所望の位置に保持するための支持体26を備える。図1Aに示すように、支持体26は、供給アセンブリ22とカッタアセンブリ20との間に配置することができる。支

50

持体 26 は、複数の孔、開放部、隙間、空間、または開口部 28 を含む、円形のダイとすることができ、開口部 28 はそれぞれ長形部材 12 の 1 つを受容するように構成される。開口部 28 は、望ましくは、長形部材 12 がカッタアセンブリ 20 に向かって開口部 28 を簡単に貫通できるように、長形部材 12 の断面よりも少なくともわずかに大きい。

【0056】

カッタアセンブリ 20 は、概して、回転式または振動式のカッタ 30 と、選択された振動数でカッタ 30 を回転または振動させるための、関連付けられた機械式または振動式の構成要素とを備える。カッタ 30 は、長形部材 12 の遠位端 16 を切断して粒子を生産するように構成することができる。カッタ 30 は、平坦な近位の表面または側面 32 と、対向する平坦な遠位の表面または側面 34 とを含む、ディスク形の構造とすることができる。カッタ 30 は、近位の表面または側面 32 と遠位の表面または側面 34 との間でカッタ 30 を貫通する、複数の孔、開放部、隙間、空間、または開口部 36 を含む。図 1 B に示すように、開口部 36 は、長形部材 12 の遠位端 16 を受容するように構成された円形の開放部とすることができる。他の例では、開口部 36 は、正方形、ダイヤモンド形、三角形、または長円形など、他の形状とすることができる。

【0057】

カッタ 30 は、開口部 36 の一部が長形部材 12 の遠位端 16 に接触するように、回転または振動するように構成される。接触から生じるせん断力によって、望ましくは、粒子が長形部材 12 の遠位端 16 から破断する。粒子を生成するのに十分にカッタ 30 を回転させるために、カッタ 30 は、回転型または振動型のドライブまたはドライブアセンブリ 38 に機械連結することができる。回転式カッタ 30 の場合、ドライブアセンブリ 38 は、シャフト 42 に機械連結されシャフト 42 を回転させるように構成された、回転式または往復動式のモータまたは駆動装置（本書ではドライブ 40 と称する）を備えることができる。シャフト 42 は、例えば、選択された方向にカッタ 30 を回転させるために、カッタ 30 の遠位側面 34 に装着することができる。例えば、ドライブ 40 は、カッタ 30 に（図 1 B に示す）矢印 A 1 の方向の 1 周 360 度の回転など、フル回転させることができる。他の例では、ドライブ 40 は、カッタ 30 に、長形部材 12 から粒子を生産するように往復揺動させることもできる。

【0058】

粒子を形成するために回転力ではなく振動力をカッタ 30 に加えるカッティング装置 10 の場合、ドライブアセンブリ 38 は、選択された振動数で振動するように構成された、共振構造などの振動式装置を備えることができる。振動数は超音波振動数とすることができる。例えば、共振構造は、共振に励起される同調ソノロードを備えることができる。

【0059】

図 1 B に示すように、カッタ 30 を貫通する開口部 36 は円形である。さらに、開口部 36 は、カッタ 30 の側面 32、34 の外周に沿ってほぼ均等に配置される。図 1 B に示すように、カッタ 30 は開口部 36 を 8 個含むことができ、開口部 36 はそれぞれ、長形部材 12 の 1 つを受容するように構成される。ただし、長形部材 12 および開口部 36 の数に限定の意図はない。その代わりに、一部の装置 10 は、別々の 12 本の長形部材 12 を受容するように構成された開口部 36 を 12 以上含むことができる。他の例では、カッティング装置 10 は、長形部材 12 および開口部 36 を 1 つだけ含むこともできる。図 2 A ~ 図 2 C に、異なる形状の開口部 36 を含むカッタ 30 を示す。例えば、図 2 B に示すカッタ 30 では、開口部 36 は三角形である。図 2 A に示すカッタ 30 では、開口部 36 はダイヤモンド形である。図 2 C のカッタ 30 は長形スロットを含み、その長形スロットはそれぞれカッタ 30 の半径に沿って延びる。開口部 36 の形状が異なると、生産される粒子の形態が異なるものになると考えられる。形態が異なる粒子は、様々なタイプの付加製造機およびプリンティング機で使用するように適合することができる。例えば、現在では、ほとんどの用途で球形の粒子が望ましい。しかし、一部の用途では、ディスク形であるか、板状であるか、または平坦な面を有する粒子が望ましい場合がある。本書に記載するように、粒子の形態に対するより優れた制御が必要な場合は、例えば、粒子の球形度を

上昇させるように粒子に後処理を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

再び図 1 A および図 1 B を参照すると、カッティング装置 1 0 はさらに粉末収集システム 4 4 を備えることができる。粉末収集システム 4 4 は、長形部材 1 2 とカッタ 3 0 との接触によって形成される粒子を受容するための収集容器またはホッパ 4 6 を備えることができる。一部の例では、収集容器またはホッパ 4 6 は重力供給式とすることができ、つまり、長形部材 1 2 から形成される粒子は重力によってホッパ 4 6 中に落下する。他の例では、粉末収集システム 4 4 は、粒子を収集容器またはホッパ 4 6 中に引き込む真空装置または陰圧源を備えることができる。例えば、粒子を長形部材 1 2 から引き離し、ホッパ 4 6 中に引き込むために、吸引器または真空ポンプ 4 8 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 4 6 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 4 6 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。

10

【 0 0 6 1 】

粉末生産方法

往復動式または回転式のカッティング装置 1 0 および長形部材 1 2 について説明してきたが、ここで、カッティング装置 1 0 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 3 に示す。一部の例では、図 3 の方法のステップの多くが、カッティング装置 1 0 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、カッティング装置 1 0 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カッティング装置 1 0 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、供給アセンブリ 2 2 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。

20

30

【 0 0 6 2 】

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、カッティング装置 1 0 のための動作パラメータを手動で入力し、カッティング装置 1 0 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カッティング装置 1 0 を手動で停止することができる。

【 0 0 6 3 】

粉末生産方法は、まず、ステップ 3 1 0 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、長形部材の直径、またはカッティング装置 1 0 の動作を制御するために必要な他の任意の特徴など、長形部材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。

40

【 0 0 6 4 】

ステップ 3 1 2 で、長形部材 1 2 がカッティング装置 1 0 に用意される。例えば、長形部材 1 2 は、スプールまたは同様の保持部材に用意することもできる。カッティング装置 1 0 の使用中に供給アセンブリ 2 2 が長形部材 1 2 を繰り出すことができるように、スプールを供給アセンブリ 2 2 の対応するスピンドルに装着することもできる。ステップ 3 1 4 で、長形部材 1 2 はカッティング装置 1 0 を通して供給できる。例えば、長形部材 1 2 の端部 1 6 は、支持体 2 6 またはダイを通して、また回転式または振動式のカッタ 3 0 の開口部 3 6 を通して、供給することができる。

50

【 0 0 6 5 】

ステップ 3 1 6 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、例えば、長形部材 1 2 の特徴に基づいて、カッティング装置 1 0 のための動作パラメータを決定することを含む。カッティング装置 1 0 の動作パラメータは、例えば、供給アセンブリ 2 2 の供給速度または繰り出し速度、およびカッタ 3 0 の回転数または振動数を含むことができる。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（例えば、粒径または最大寸法）および長形部材 1 2 のタイプ（例えば、サイズおよび材料の組成）に関して最適化された動作パラメータをカッティング装置 1 0 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、長形部材 1 2 とカッタ 3 0 との間の相互作用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。

10

【 0 0 6 6 】

一部の例では、ステップ 3 1 6 はさらに、粒度が異なりかつ / または異なる形態を有する粒子を生産するように複数の動作パラメータを決定することを含むことができる。制御された独自の粉末粒度分布を有するように、粉末を生産することもできる。例えば、粒子の 5 0 % が第 1 の目標粒度の 1 0 % 以内であり、粒子の 5 0 % が第 2 の目標粒子粒度の 1 0 % 以内にある粉末を生産することもできる。このような独自の粉末粒度分布を生み出すために、ステップ 3 1 6 は、第 1 の目標粒度の粒子を生産する第 1 の期間のための動作パラメータを決定することと、第 2 の目標粒度の粒子を生産する第 2 の期間のための動作パラメータを決定することとを含むことができる。ステップ 3 1 6 はさらに、選択された粒度分布を生み出すのに必要な、第 1 の期間および第 2 の期間の長さを決定することを含むことができる。例えば、第 1 の粒度粒子と第 2 の粒度粒子の所望の比が 5 0 / 5 0 である場合、各期間は同じでよい。別の比（例えば、2 0 / 8 0、3 0 / 7 0、または 4 0 / 6 0）が必要な場合、第 1 の期間と第 2 の期間とは異なる場合がある。

20

【 0 0 6 7 】

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 3 1 8 で、カッティング装置 1 0 は、自動的にまたは手動で、決定された動作パラメータに従って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、カッティング装置 1 0 のための制御システム 1 0 0 は、決定されたパラメータに関して、カッティング装置 1 0 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、カッティング装置 1 0 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。

30

【 0 0 6 8 】

ステップ 3 2 0 で、この方法はさらに、粒子を生産するようにカッティング装置 1 0 を動作させるステップを含む。例えば、カッティング装置 1 0 を動作させることは、長形部材 1 2 をカッタ 3 0 に向かって前進させることと、少なくとも 1 つの長形部材 1 2 から粒子を切り出して粉末を生産するようにカッタ 3 0 を回転または振動させることとを含むことができる。具体的には、粒子を生産するために、カッティング装置 1 0 は、構成された動作パラメータに従って（例えば、所定の供給速度に従って）供給アセンブリ 2 2 に長形部材 1 2 を繰り出しさせることができる。カッティング装置 1 0 は、所望の粒度または粒度範囲の粒子を生産するのに適切な、選択された回転数または振動数で、カッタ 3 0 を回転または振動させることもできる。

40

【 0 0 6 9 】

ステップ 3 2 2 で、この方法はさらに、異なる目標粒度または目標形態を有する粒子を生産するように、粒子の生産中にカッティング装置 1 0 の動作パラメータを変更することを含むことができる。例えば、前に論じたように、この方法は、決定された第 1 の期間の間は第 1 の供給速度および第 1 の回転数または振動数でカッティング装置 1 0 を動作させることを含むことができる。第 1 の期間の後に、この方法は、異なる粒度の粒子を生産す

50

るようにカッティング装置 10 の動作パラメータを自動的にまたは手動で変更することを含むことができる。

【0070】

ステップ 324 で、カッタ 30 と長形部材 12 との接触から生産される粒子は、粉末収集システム 44 によって収集される。例えば、粒子は、収集容器またはホッパ 46 に重力によってかつ/または真空ポンプ 48 からの吸引力によって引き込むことができる。

【0071】

ステップ 326 で、収集された粒子は、収集容器またはホッパ 46 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 310 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、カッティング装置 10 の動作パラメータを動的に調節することができる。

10

【0072】

ステップ 328 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、本書で開示するカッティング装置 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。

20

【0073】

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、異なる形状および構成の開口部 36 を含むカッタ 30 を用いて、異なる非球形の粒子を得ることができる。また、非球形の粒子の形態をさらに制御するために、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。

30

【0074】

リニアカッタ装置

図 4A および図 4B を参照すると、複数の長形部材 212 から粒子を生産するためのカッタ装置 210 の別の例が示されている。先の例の通り、カッタ装置 210 は、長形部材 212 をカッティングアセンブリ 220 に向かって前進させるための供給アセンブリ 222 を備える。先の例の通り、カッティングアセンブリ 220 は、切断中に長形部材 212 を受容および支持するためのダイまたは支持体 226 を備える。図 4A および図 4B に示すように、長形部材 212 は、円形パターンではなく、線形の配列を形成するように、直線的に配置される。線形に配置された長形部材 212 を収容するために、支持体 226 は、線状に配置された開口部 250 または貫通孔を備える。開口部 250 はそれぞれ、長形部材 212 の 1 つを受容する。例えば、図 4A に示すように、支持体 226 は矩形構造であり、その矩形構造は、平坦な近位の表面または側面 252 と、対向する平坦な表面または側面 254 とを備える。支持体 226 はさらに、対向する平坦な側面 252 と 254 との間を延びる開口部 250 を備える。

40

【0075】

前に論じたように、カッティング装置 210 は供給アセンブリ 222 を含む。一部の例では、供給アセンブリ 222 は、前に説明した例と比べて単純化することができる。具体的には、線状に配置される長形部材 212 の前進または繰り出しの制御は、先の例の通り

50

長形部材 1 2 が円形パターンに配置される場合よりも簡単な場合があると考えられる。例えば、線形に整列された長形部材 2 1 2 が同一方向（図 4 A に矢印 A 2 で示す方向）に同一速度で前進するので、供給アセンブリ 2 2 2 は、全ての長形部材 2 1 2 を前進させるための共通の供給モータ 2 2 4 を 1 つ含むだけでよい。一方、長形部材 2 1 2 を円形に配置すると、複数のまたは分散されたモータを必要とする場合があり、そうすることで、カッティングアセンブリ 2 2 0 に向かう別々の長形部材 2 1 2 の前進を独立に制御することができる。

【 0 0 7 6 】

図 4 A および図 4 B に示すように、カッタ装置 2 1 0 は、先の例の円形の回転式カッタ 3 0 の代わりに往復動カッタ 2 3 0 を用いる。往復動カッタ 2 3 0 は、矢印 A 3 で示すように、直線上を往復移動する。カッタ 2 3 0 は、長形部材 2 1 2 を受容するように配置された開口部 2 3 6 を含む矩形構造（図 4 B に示す）とすることができる。開口部 2 3 6 は、円形、長円形、矩形、または他の任意の好都合な形状とすることができる。開口部 2 3 6 は長形スロットを備えることもできる。先の例の通り、開口部 2 3 6 の形状は、カッタ装置 2 1 0 によって生産される粒子の形態に影響を与えることができる。

10

【 0 0 7 7 】

カッタアセンブリ 2 1 0 はさらに、矢印 A 3 で示す通りカッタ 2 3 0 を往復移動させるようにカッタ 2 3 0 に連結されたドライブ 2 3 8 を備えることができる。図 1 A および図 1 B に示すカッタ 2 3 0 の回転運動とは異なり、ドライブ 2 3 8 は、線形超音波励起によってカッタ 2 3 0 を往復揺動させるように構成することができる。先の例の通り、駆動機構は、所定の速度でカッタ 2 3 0 を振動および/または揺動させるように構成することができる。カッタ 2 3 0 の移動速度は、生産される粒子の粒度および形態に影響を与えることができる。一部の例では、ドライブ 2 3 8 は、予め選択された共振に励起される、同調ソノトロードなどの共振構造を備えることができる。共振構造は、粒子を形成するためにカッタ 2 3 0 を長形部材 2 1 2 に接触させるように、カッタ 2 3 0 の振動力に影響を与えるように構成することができる。

20

【 0 0 7 8 】

より具体的には、カッティング装置 2 1 0 を用いて粒子を生成するために、長形部材 2 1 2 が供給アセンブリ 2 2 2 に用意される。例えば、長形部材 2 1 2 のスプールまたは同様の保持部材を、供給アセンブリ 2 2 2 の回転可能なスピンドルに取り付けできる。次いで、長形部材 2 1 2 は、支持体 2 2 6 またはダイの開口部 2 5 0 または開放部を通過してカッタ 2 3 0 に向かって供給できる。使用の際には、供給アセンブリ 2 2 2 によって、長形部材 2 1 2 の一部が支持体 2 2 6 またはダイを通過してカッタ 2 3 0 の開口部 2 3 6 に突出する。カッタ 2 3 0 は、開口部 2 3 6 が長形部材 2 1 2 の遠位端 2 1 6 にせん断力を加えるように、揺動または振動するように構成することができる。長形部材 2 1 2 の遠位端 2 1 6 にせん断力が加えられると、長形部材 2 1 2 から粒子が生産される。生産される粒子は、先の例で説明したように、粉末収集システム 2 4 4 によって収集することができる。例えば、粒子は、重力によって収集容器またはホッパ 2 4 6 中に落下できる。その代わりにまたはそれに加えて、長形部材 2 1 2 とカッタ 2 3 0 との接触によって形成される粒子を収集容器またはホッパ 2 4 6 中に引き込むために、真空ポンプ 2 4 8 を使用することができる。

30

40

【 0 0 7 9 】

粉末生産システム

カッティング装置 1 0、2 1 0 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カッティング装置 1 0 を制御するための制御システム 1 0 0 の電気要素を詳細に説明する。システム 1 0 0 の概略図を図 5 に示す。システム 1 0 0 は長形部材 1 2 を含むカッティング装置 1 0 を備え、長形部材 1 2 は、粒子を生産するようにカッタ 3 0 によって接触されるように構成される。システム 1 0 0 はさらに、カッティング装置 1 0 の電気機械部品に電氣的に接続されるコントローラ 1 1 0 を備える。例えば、コントローラ 1 1 0 は、少なくとも、供給アセンブリ 2 2 と、カッタ 3 0 に接続された

50

ドライブアセンブリ 38 とに電氣的に接続される。コントローラ 110 は、カッティング装置 10 のコンピュータプロセッサ、またはカッティング装置 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。

【0080】

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、カッティング装置 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。

【0081】

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、カッティング装置 10 のための手動で入力される動作パラメータを含むことができる。例えば、ユーザは、コンピュータ装置 112 のインプット要素 114 を用いて、供給速度または振動数もしくは回転数を手動で入力してよい。その場合、コントローラ 110 は、手動で入力されたパラメータに従ってカッティング装置 10 を動作させるように、カッティング装置 10 に指示を送信するように構成することができる。

【0082】

他の例では、図 3 のステップ 310 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カッティング装置 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較正曲線の値から、また目標の粒子粒度または分布および長形部材 12 の特徴に基づいて、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、カッティング装置 10 が新たな動作パラメータに従って動作するように、カッティング装置 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。

【0083】

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、収集容器またはホッパ 46 の近くにまたはその中に配置されるセンサ 118 を含むことができる。センサ 118 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 118 は、収集容器 44 に落下する粒子がセンサ 118 の視野内を通るように、収集容器またはホッパ 46 の開放部の近くに配置することもできる。センサ 118 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 118 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 46 内に配置されるかまたはそれに関連付けられるセンサ 120 を含むこともできる。例えば、センサ 120 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 120 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。

【0084】

10

20

30

40

50

一部の例では、コントローラ 110 は、センサ 118、120 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カッピング装置 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 に関する情報は、カッピング装置 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、センサ 118、120 からの、生産されている粒子の特徴についての情報を用いて、カッピング装置 10 によって生産されている粒子の特徴を描写することができる。検出された情報に基づいて、平均粒子体積または平均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カッピング装置 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いと判定される場合、カッタ 30 の振動数または回転数を増大させて、カッタ 30 の開口部または孔が長形部材 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、長形部材の繰り出し速度または供給速度は、長形部材 12 がカッタをより迅速に貫通するように増大することもできる。回転速度および/または供給速度を上昇させることは両者とも、より小さい粒子を生産することが予期される。

10

【0085】

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、カッピング装置 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。

20

30

【0086】

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。

【0087】

図 6A に、カッピング装置 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 μm にすべきであり、粒子 50% は約 50 μm 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、長形部材 12 についての情報（例えば、材料の組成および/または直径）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、カッピング装置 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、長形部材 12 についての情報は、カッピング装置 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

40

50

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。

【0088】

図6Bに、カッピング装置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、カッピング装置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セクション632を備えることができる。例えば、セクション632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630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634を含むこともできる。例えば、セクション634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634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636を含むこともできる。

10

【0089】

図6Cにプログラム完了画面650を示す。このプログラム完了画面650は、カッピング装置10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650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652を含むことができる。画面650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654を備えることができる。例えば、画面650はさらに、例えば生産された粉末の粉末粒度分布(PSD)を示すグラフ656を備えることができる。画面650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658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、収集容器またはホッパ46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。

20

【0090】

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ることができることを企図すると理解されたい。

30

【符号の説明】

【0091】

- 10 カッピング装置
- 12 長形部材
- 14 近位端
- 16 遠位端
- 18 本体
- 20 カッタアセンブリ
- 22 供給アセンブリ
- 24 モータ
- 26 支持体
- 28 開口部
- 30 カッタ
- 32 側面
- 34 側面
- 36 開口部
- 38 ドライブアセンブリ

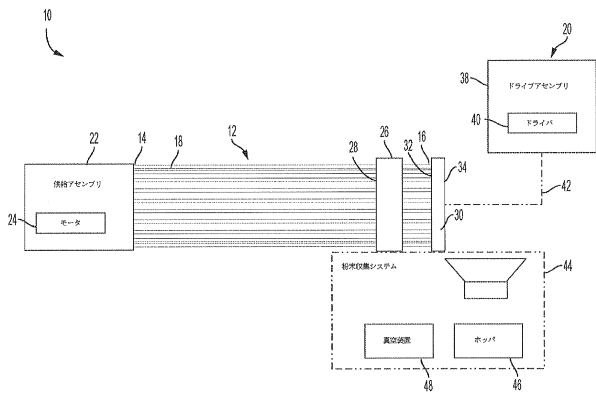
40

50

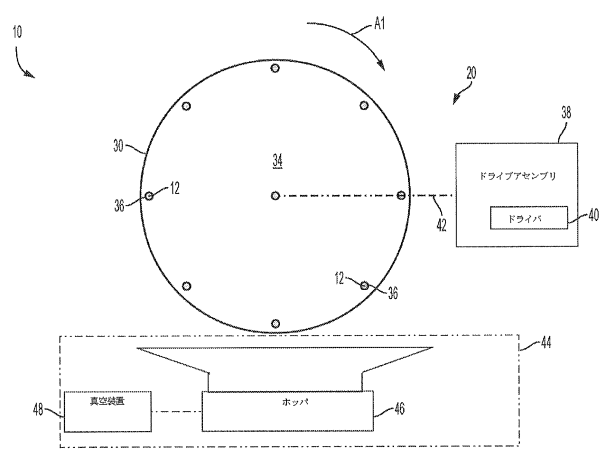
4 0	ドライブ	
4 2	シャフト	
4 4	粉末収集システム	
4 6	ホッパ	
4 8	真空ポンプ	
1 0 0	システム	
1 1 0	コントローラ	
1 1 2	コンピュータ装置	
1 1 4	インプット要素	
1 1 6	通信インターフェース	10
1 1 8	センサ	
1 2 0	センサ	
1 2 4	ユーザインターフェースモジュール	
1 2 6	視覚的表示器	
2 1 0	カッティング装置	
2 1 2	長形部材	
2 1 6	遠位端	
2 2 0	カッティングアセンブリ	
2 2 2	供給アセンブリ	
2 2 4	供給モータ	20
2 2 6	支持体	
2 3 0	カッタ	
2 3 6	開口部	
2 3 8	ドライブ	
2 4 4	粉末収集システム	
2 4 6	ホッパ	
2 4 8	真空ポンプ	
2 5 0	開口部	
2 5 2	側面	
2 5 4	側面	30
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	
6 3 6	カウントダウンタイマ	
6 5 0	画面	40
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	

【図面】

【図 1 A】

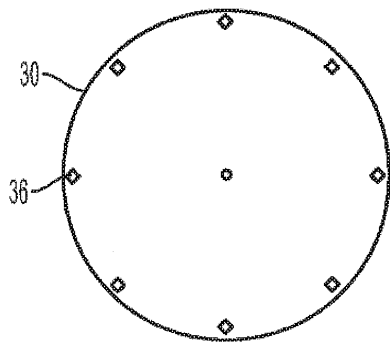


【図 1 B】

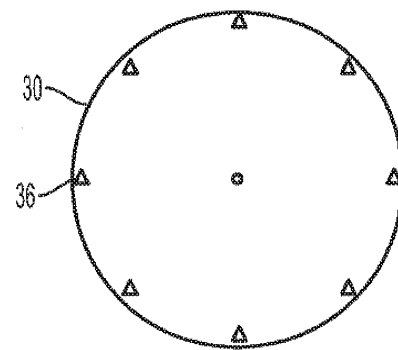


10

【図 2 A】



【図 2 B】



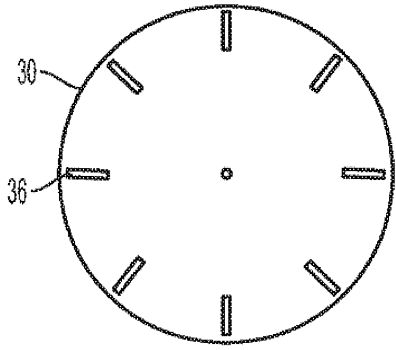
20

30

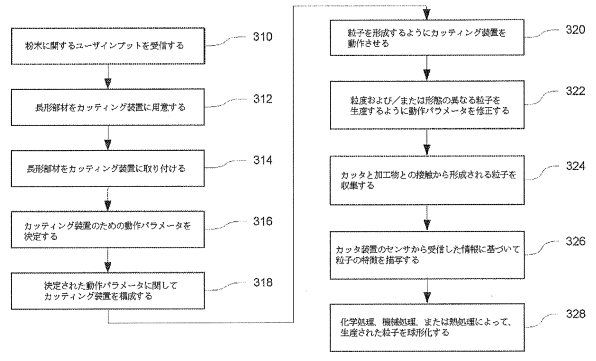
40

50

【図 2 C】

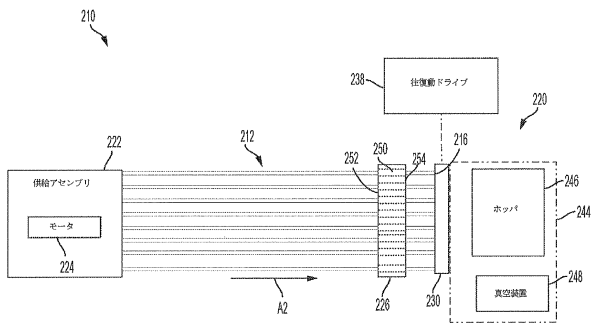


【図 3】

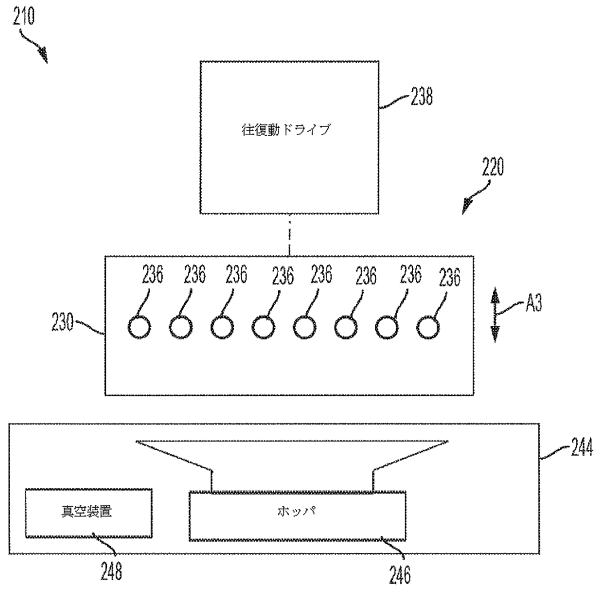


10

【図 4 A】



【図 4 B】



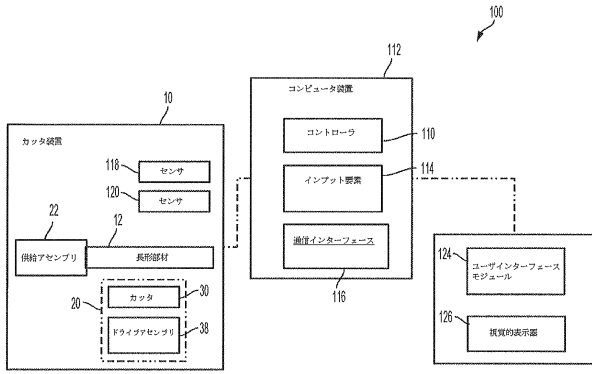
20

30

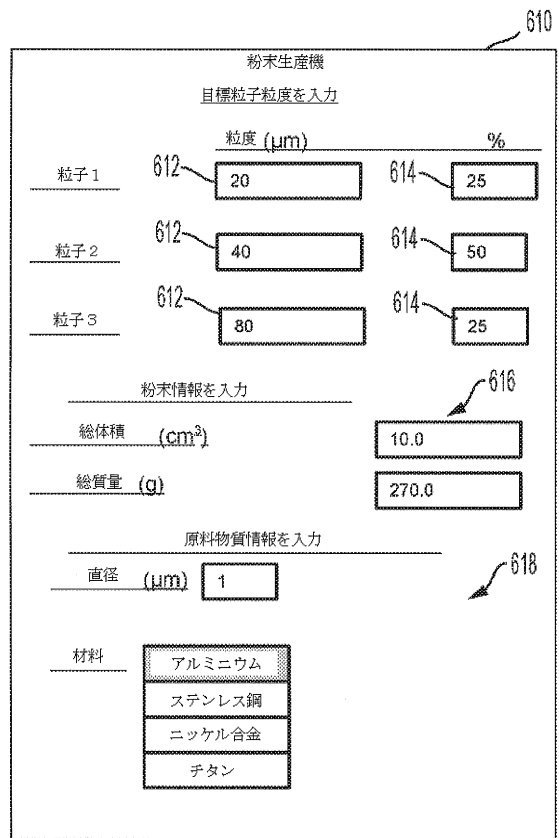
40

50

【図5】



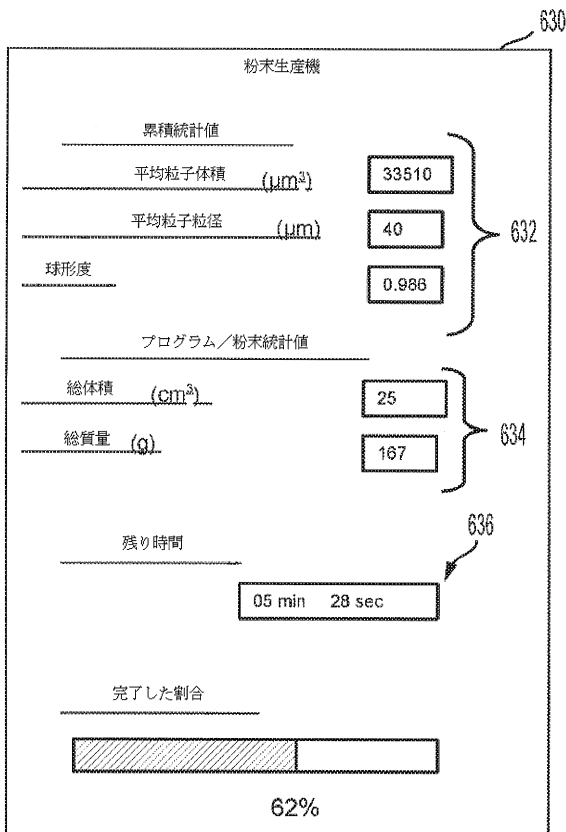
【図6A】



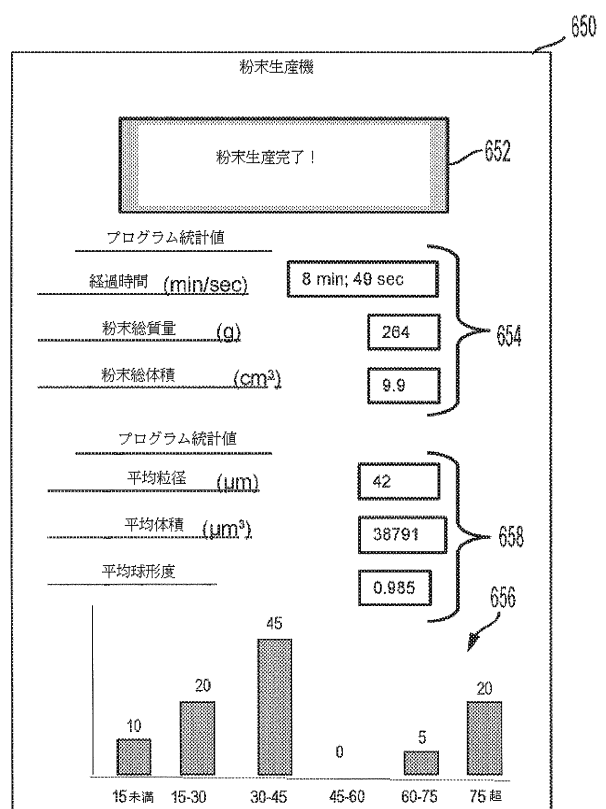
10

20

【図6B】



【図6C】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
B 2 2 F 1/00 U

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(72)発明者 バーンズ, 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

審査官 岡田 隆介

(56)参考文献 特開2005-005532(JP, A)

特開2016-182655(JP, A)

特開2014-162686(JP, A)

特開2017-226916(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 2 2 F 9 / 0 4