(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 11 月 24 日(24.11.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/185966 A1

(51) 国際特許分類:
B22F 3/105 (2006.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
B22F 1/00 (2006.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B22F 3/16 (2006.01) *B33Y 70/00* (2015.01)
B29C 67/04 (2006.01) *B82Y 30/00* (2011.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/064010

(22) 国際出願日: 2016 年 5 月 11 日(11.05.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-100061 2015 年 5 月 15 日(15.05.2015) JP

(71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 磯部 和也(ISOBE, Kazuya). 竹内 茂樹(TAKENOUCHI, Shigeki).

(74) 代理人: 鷲田 公一(WASHIDA, Kimihito); 〒1600023 東京都新宿区西新宿１－２３－７ 新宿ファーストウェスト８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

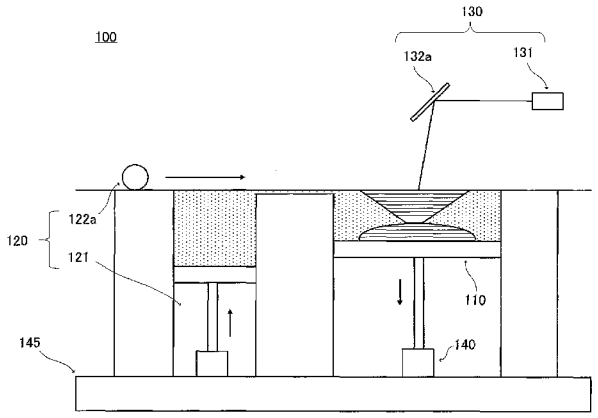
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: POWDER MATERIAL, METHOD FOR PRODUCING THREE-DIMENSIONAL MOLDED ARTICLE, AND THREE-DIMENSIONAL MOLDING DEVICE

(54) 発明の名称 : 粉末材料、立体造形物の製造方法および立体造形装置

[図1]



(57) **Abstract**: The objective of the present invention is to provide a powder material for a powder bed fusion method, said powder material making it possible to easily sinter or fuse metal particles included in the powder material using a low-energy laser regardless of the material constituting the powder material. The powder material is used in the production of a three-dimensional molded article by selectively irradiating a thin layer of the powder material, which includes metal particles, with a laser light, forming molded article layers formed by sintering or fusing the metal particles, and laminating the molded article layers. The powder material includes porous metal particles formed by binding metal nanoparticles with a binder, and the BET specific surface area of the powder material is 5.0×10^{6}-1.1×10^{8} (m^2/m^3), inclusive.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/185966 A1

本発明は、粉末材料の材料によらず、低いエネルギーのレーザで粉末材料に含まれる金属粒子の焼結または溶融結合を容易に行える、粉末床溶融結合法用の粉末材料を提供することを目的とする。前記粉末材料は、金属粒子を含む粉末材料の薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成し、前記造形物層を積層することによる立体造形物の製造に使用される粉末材料である。前記粉末材料は、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる多孔性の金属粒子を含み、前記粉末材料のＢＥＴ比表面積は、５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下である。

明　細　書

発明の名称 ：

粉末材料、立体造形物の製造方法および立体造形装置

技術分野

[0001] 本発明は、粉末材料、立体造形物の製造方法および立体造形装置に関する。

背景技術

[0002] 立体造形装置は、複雑な形状の立体造形物を比較的容易に製造できるため、最終製品の形状または性質を確認するための試作品の製造などの用途に用いられる。このとき、最終製品の種類や、試作品で確認したい性質等に応じて、立体造形物を製造するための材料も適宜選択される。たとえば、最終製品が金属製の機械部品などの場合には、試作品の材料として、金属材料が用いられることがある。

[0003] 金属材料から立体造形物を製造する方法として、粉末床溶融結合法が知られている（特許文献１および特許文献２などを参照のこと。）。粉末床溶融結合法では、金属粒子を含む粉末材料を平らに敷き詰めて薄膜を形成し、薄膜上の所望の位置にレーザを照射して、粉末材料に含まれる金属粒子を選択的に焼結または溶融結合させることで、立体造形物を厚さ方向に微分割した層（以下、単に「造形物層」ともいう。）のひとつを形成する。こうして形成された層の上に、さらに粉末材料を敷き詰め、レーザを照射して金属粒子を選択的に焼結または溶融結合させることで、次の造形物層を形成する。この手順を繰り返して、造形物層を積み上げていくことで、所望の形状の立体造形物が製造される。

[0004] 粉末床溶融結合法により立体造形物を製造するとき、レーザの出力時のパワーは、金属粒子が十分に焼結または溶融結合するよう設定される。たとえば、アルミニウムを主成分とする粉末材料を用いるときは、レーザの出力時のパワーを３０Ｗ以上とすることで、金属粒子が十分に焼結または溶融結合

することが知られている（特許文献３および非特許文献１などを参照のこと。）。

[0005] 粉末床溶融結合法は、造形精度が高く、かつ、積層された層間の接着強度が高いという特徴を有する。そのため、粉末床溶融結合法は、試作品の製造のみならず、最終製品の製造にも用いることが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００２－２４９８０４号公報

特許文献2：特開平１０－８８２０１号公報

特許文献3：特開２０１１－２１２１８号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：「最近のレーザ積層造形技術の開発動向」、京極　秀樹、近畿大学次世代基盤技術研究所報告　Ｖｏｌ．１（２０１０）、ｐｐ６９－７６

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 最終製品の製造には多様な種類の金属材料が用いられる。ここで、金属粒子を焼結または溶融結合する際に必要なレーザのエネルギー量は、金属材料によって異なる。たとえば、銅やアルミニウムのように、レーザの放射率が高い金属材料は、レーザのエネルギーを吸収しづらいため、これらの金属材料を用いてなる金属粒子を焼結または溶融結合するためには、より高いエネルギーのレーザを照射することが必要となる。そのため、これらの金属材料を用いて粉末床溶融結合法により立体造形物を製造しようとすると、レーザの高エネルギー化により、製造コストが高くなったり、製造装置の構成が複雑になったり、うまく金属粒子同士を結合できなかったりする等の課題がある。

[0009] 本発明は、前記課題に鑑みてなされたものであり、粉末材料の材料によらず、低いエネルギーのレーザで粉末材料に含まれる金属粒子の焼結または溶

融結合を容易に行える、粉末床溶融結合法用の粉末材料を提供することをその目的とする。本発明はさらに、そのような粉末材料を用いた立体造形物の製造方法、および立体造形物の製造装置を提供することを、その目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の第一は、以下の粉末材料に関する。

［１］金属粒子を含む粉末材料の薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成し、前記造形物層を積層することによる立体造形物の製造に使用される粉末材料であって、

前記粉末材料は、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる多孔性の金属粒子を含み、

前記粉末材料のＢＥＴ比表面積は、５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下である、粉末材料。

［２］前記金属粒子は、波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．３０以下である金属材料を含む、［１］に記載の粉末材料。

［３］前記金属ナノ粒子の平均粒子径は、１００ｎｍ以下である、［１］または［２］に記載の粉末材料。

［４］前記バインダーは熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂および金属への吸着性を有するタンパク質からなる群から選択される少なくとも１の成分を含む、［１］～［３］のいずれかに記載の粉末材料。

[0011] 本発明の第二は、以下の立体造形物の製造方法に関する。

［５］［１］～［４］のいずれかに記載の粉末材料の薄層を形成する工程と、

前記薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記粉末材料に含まれる金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成する工程と、

前記薄層を形成する工程と前記造形物層を形成する工程とをこの順に複数回繰り返し、前記造形物層を積層する工程と、

を含む立体造形物の製造方法。

[0012] 本発明の第三は、以下の立体造形装置に関する。

［６］造形ステージと、

［１］～［４］のいずれかに記載の粉末材料の薄膜を前記造形ステージ上に形成する薄膜形成部と、

前記薄膜にレーザを照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成するレーザ照射部と、

前記造形ステージを、その鉛直方向の位置を可変に支持するステージ支持部と、

前記薄膜形成部、前記レーザ照射部および前記ステージ支持部を制御して、前記造形物層を繰り返し形成させて積層させる制御部と、

を備える、立体造形装置。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、粉末材料の材料によらず、低いエネルギーのレーザで粉末材料に含まれる金属粒子の焼結または溶融結合を容易に行える、粉末床溶融結合法用の粉末材料、そのような粉末材料を用いた立体造形物の製造方法、および立体造形物の製造装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図１は本発明の一実施形態における立体造形装置の構成を概略的に示す側面図である。

[図2]図２は本発明の一実施形態における立体造形装置の制御系の主要部を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 前記の課題を解決すべく、本発明者らは粉末床溶融結合法用の粉末材料について鋭意検討および実験を行った。その結果、本発明者らは、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる多孔性の金属粒子を粉末材料が含むことで、低いエネルギーのレーザでも粉末材料に含まれる金属粒子の焼結または溶融結合が行えるようになることを見出し、本発明をなすに至った。

[0016] 低エネルギーで金属粒子の焼結や溶融結合が実現されるメカニズムの詳細

は不明であるが、以下のように推測される。すなわち、金属粒子を多孔性にすると、粒子の表面積を大幅に拡大することができ、かつ、微細な空孔（細孔）内でレーザを複数回反射させることができるため、照射されたレーザの光路長が延長される。これにより、細孔内部で反射したレーザを複数回にわたって吸収することができるため、バルク状の金属粒子を用いたときよりも、金属粒子によるレーザのエネルギーの吸収率が高まる。これにより、金属粒子が照射したレーザのエネルギーをより多く吸収できるため、照射されるレーザのエネルギーがより低くても、金属粒子の焼結または溶融結合が行えるものと考えられる。

[0017] また、金属化合物をナノサイズ化すると、融点が降下することが知られている。そのため、金属ナノ粒子の結合により形成された前記多孔性の金属粒子では、金属粒子を構成する金属ナノ粒子の融点がバルク状の金属よりも低くなり、金属粒子の融点も低くなる。その結果、照射されるレーザのエネルギーが低くても、金属粒子の焼結または溶融結合が行えるようになる。

[0018] 金属粒子を多孔性にすると、金属粒子を含む粉末材料の比表面積が大きくなる。本発明者らは、さらなる検討の結果、粉末材料のＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下であれば、金属材料の種類にかかわらず、金属粒子の焼結または溶融結合が容易になり、粉末床溶融結合法による立体造形物の製造が可能となることを見出した。

[0019] 以下、本発明の代表的な実施形態を詳細に説明する。

[0020] １．粉末材料

本実施形態は、金属粒子を含む粉末材料の薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成し、前記造形物層を積層することによる立体造形物の製造に使用される粉末材料（以下、単に「粉末材料」ともいう。）に係る。粉末材料は、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる多孔性の金属粒子を含み、粉末材料のＢＥＴ比表面積は、５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下である。

[0021] 金属粒子が多孔性であることで、バルク状の金属粒子を用いる場合よりも低いエネルギーのレーザを照射しても、金属粒子を焼結または溶融結合させることが可能になる。

[0022] 多孔性とは、金属材料がその表面または内部に複数の細孔を有することを意味する。粉末材料が多孔性の金属粒子を含むとは、たとえば、任意の量の粉末材料を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）により撮像して得た画像において、画像内の金属粒子に複数の細孔が確認できることを意味する。

[0023] 前記ＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上であることで、レーザの光路長が十分に延長され、バルク状の金属粒子を用いる場合よりも低いエネルギーのレーザを照射しても、金属粒子を焼結または溶融結合させることが可能になる。ＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）より小さいと、レーザの光路長が十分確保できず、低いエネルギー量のレーザ照射では金属粒子を焼結または溶融結合させることが難しくなる。また、ＢＥＴ比表面積が１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）より大きいと、低いエネルギーのレーザ照射でも金属粒子が部分的に焼結または溶融結合するものの、十分に焼結または溶融結合させにくくなる。

[0024] 前記観点からは、粉末材料のＢＥＴ比表面積は２．０×１０^{7}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下であることが好ましく、５．０×１０^{7}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下であることがさらに好ましい。

[0025] なお、本明細書において、ＢＥＴ比表面積は、粉末状の材料をＪＩＳ　Ｚ８８３０に記載の方法（吸着ガス量の測定方法：キャリアガス法、吸着質：窒素ガス、データ解析方法：一点法又は多点法）にて測定した値を用いる。ＢＥＴ比表面積は、例えば、市販の比表面積・細孔分布測定装置「フローソーブ」（島津製作所社製）を用いて測定することができる。

[0026] 粉末材料のＢＥＴ比表面積は、多孔性の金属粒子を構成する金属ナノ粒子の粒子径、またはバインダーの種類もしくは量を調整することで、前記範囲とすることができる。

[0027] 粉末材料のＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下となる限りにおいて、粉末材料は、多孔性ではない金属粒子を含んでいてもよい。

[0028] 粉末材料は、レーザ照射による焼結や溶融結合を妨げない範囲において、レーザ吸収剤およびフローエージェントを含む金属粒子以外の材料をさらに含んでもよい。

[0029] １－１．多孔性の金属粒子

多孔性の金属粒子は、細孔を有する金属粒子である。金属粒子の細孔径および容積率は、粉末材料のＢＥＴ比表面積が前記範囲になる限りにおいて、適宜定めることができる。

[0030] 金属粒子を構成する金属材料は、波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．９５以下であればよい。金属粒子が含むことができる金属材料の例には、アルミニウム、クロム、コバルト、銅、金、鉄、マグネシウム、シリコン、モリブデン、ニッケル、パラジウム、白金、ロジウム、銀、錫、チタン、タングステンおよび亜鉛、ならびにこれらの元素を含む合金が含まれる。前記合金の例には、真鍮、インコネル、モネル、ニクロム、鋼およびステンレスが含まれる。これらの金属材料は、一種類のみ用いても、二種類を組み合わせて用いてもよい。

[0031] これらの金属のうち、波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．３０以下である金属材料を含む金属粒子は、バルク状だとレーザの吸収が低く、レーザのエネルギーを高くしないと金属粒子の焼結または溶融結合が生じにくい。しかし、金属粒子を多孔性にすると、金属粒子によるレーザのエネルギーの吸収率を高めることができる。そのため、これらの金属を含む粒子でも、より低いエネルギーのレーザ（たとえば、レーザ出力時のパワーが３０Ｗ以下）での焼結または溶融結合が容易になり、低コストおよび簡易な装置による粉末床溶融結合法での立体造形が可能となる。前記効果は、波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．１５以下である金属材料を含む金属粒子においてより顕著にみられ、波長が１．０７μｍである光に対す

る放射率が０．１０以下である金属材料を含む金属粒子においてさらに顕著にみられる。

[0032] 波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．３０以下である金属材料の例には、銅、アルミニウムおよびインコネルが含まれる。波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．１５以下である金属材料の例には、銅およびアルミニウムが含まれる。波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．１０以下である金属材料の例には、銅が含まれる。

[0033] 一方で、金属粒子をより焼結または溶融結合しやすくし、よりエネルギーが低いレーザでの立体造形を容易にする観点からは、波長が１．０７μｍである光に対する金属材料の放射率は０．３５以上であることが好ましく、０．５０以上であることがより好ましく、０．８０以上であることがさらに好ましい。

[0034] 波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．３５以上である金属材料の例には、クロム、鉄、鉛、ニッケル、鋼、チタン、タングステンおよび亜鉛が含まれる。波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．５０以上である金属材料の例には、鋼、チタンおよび亜鉛が含まれる。波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．５０以上である金属材料の例には、鋼が含まれる。

[0035] 多孔性の金属粒子の平均粒子径は、１０μｍ以上６０μｍ以下であることが好ましい。前記平均粒子径を１０μｍ以上とすることで、粉末材料が十分な流動性を有するため、立体造形物の製造時における粉末材料の取り扱いが容易になる。前記平均粒子径を６０μｍ以下とすることで、より高精細な立体造形物を製造することが可能となる。前記観点からは、多孔性の金属粒子の平均粒子径は、２０μｍ以上５０μｍ以下であることがより好ましく、３０μｍ以上４０μｍ以下であることがさらに好ましい。

[0036] なお、本明細書において、多孔性の金属粒子または後述する金属ナノ粒子の平均粒子径は、動的光散乱法により測定した体積平均粒子径を意味する。体積平均粒径は、湿式分散機を備えたレーザ回折式粒度分布測定装置「ヘロ

ス（ＨＥＬＯＳ）」（シンパティック（ＳＹＭＰＡＴＥＣ）社製）により測定することができる。また、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）または透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）により撮像した顕微鏡画像中から任意に選択した２０個の多孔性の金属粒子または後述する金属ナノ粒子の粒子径を測定し、その平均値を多孔性の金属粒子または後述する金属ナノ粒子の平均粒子径としてもよい。

[0037] １－１－１．金属ナノ粒子

多孔性の金属粒子は、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる。なお、本明細書において、金属ナノ粒子とは、平均粒子径が１μｍ未満である金属粒子を意味する。光路長をより長くし、かつ、金属粒子の融点を低くする観点から、金属ナノ粒子の平均粒子径は４００ｎｍ以下であることが好ましく、１００ｎｍ以下であることがより好ましく、５０ｎｍ以下であることがさらに好ましい。

[0038] 金属ナノ粒子は、前記金属粒子に含まれる金属材料から構成される。金属ナノ粒子は、一種類の金属材料からなっても、二種類の金属材料の組み合わせからなってもよいが、金属粒子の製造を容易にする観点からは、一種類の金属材料からなることが好ましい。

[0039] アルミニウム系金属ナノ粒子の市販品の例には、「アルペーストＷＪＰ－Ｕ７５Ｃ」、「アルペーストＷＥ１２００」、「アルペーストＷＸＭ７６７５」、「アルペーストＷＸＭ０６３０」、「アルペーストＷＸＭ０６５０」、「アルペーストＷＸＭ０６２０」、「１１１０Ｗ」および「２１７２ＳＷ」（以上、東洋アルミニウム株式会社製、「アルペースト」は同社の登録商標）、「アルミペーストＡＷ」および「アルミペーストＦＷ」（以上、旭化成ケミカルズ株式会社製）が含まれる。アルミニウム系金属ナノ粒子は、ステアリン酸を吸着させたリーフィングタイプであっても、ノンリーフィングタイプであってもよい。

[0040] 銅系金属ナノ粒子の市販品の例には、「ＣＵＸ－Ｒ」（三ツ星ベルト株式会社製、「ＣＵＸ」は同社の登録商標）、ＡＣＰ－１００（株式会社アサヒ

化学研究所製）、「ＩＮＣｕ　３０－５０　ＣＨＸ」および「ＩＮＣｕ　８０－５０　ＣＨＸ」（以上、株式会社イオックス製）が含まれる。

[0041] 金属ナノ粒子は、耐水性処理が施されていてもよい。耐水性処理は、公知の方法で実施できる。例えば、リン酸含有溶液に金属ナノ粒子を浸漬して、金属ナノ粒子にリン酸基を有する化合物を付着させることにより、金属ナノ粒子に耐水性を付与し得る。耐水性処理されたアルミニウム系金属ナノ粒子の市販品の例には、「アルペーストＷＸＭ０６５０」および「アルペーストＷＸＭ０６２０」（いずれも東洋アルミニウム株式会社製）が含まれる。

[0042] １－１－２．バインダー

バインダーの材料は、金属ナノ粒子同士を結合させ得る粘度を有するものであればよい。レーザ照射時に気化拡散させて、立体造形物中にバインダーを残さない観点からは、バインダーは有機材料とすることが好ましい。バインダーとして用いることができる有機材料の例には、金属への吸着性を有する高分子材料が含まれる。金属への吸着性を有する高分子材料には、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂および金属への吸着性を有するタンパク質が含まれる。これらからなる群から選択される少なくとも一つの成分であればよいが、金属ナノ粒子の結合性をより高める観点からは、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂が好ましい。

[0043] 前記熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂の例には、ポリビニル系樹脂、ポリアクリル系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂およびシリコーン系樹脂が含まれる。熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂は、金属ナノ粒子とは逆の極性を有する官能基で修飾されていてもよい。金属ナノ粒子とは逆の極性を有する官能基の例には、アミン基が含まれる。

[0044] 前記金属への吸着性を有するタンパク質の例には、カゼイン、ゼラチンおよび大豆から分離抽出して得られるタンパク質が含まれる。これらのバインダーの材料は、一種類のみ用いても、二種類を組み合わせて用いてもよい。

[0045] １－１－３．金属粒子の製造方法

金属粒子は、前記金属ナノ粒子を前記バインダーによって結合させること

で、製造することができる。たとえば、金属ナノ粒子を水に分散させた分散体を撹拌しながら、バインダーを投入して混合することで、金属ナノ粒子とバインダーとが複合した複合体の水溶液が形成される。その後、バインダーのガラス転移温度以上の温度で前記複合体の水溶液を撹拌して、金属ナノ粒子とバインダーとの融着を進めた後、濾過して得た前記複合体を洗浄および乾燥することで、金属粒子が得られる。

[0046] 金属ナノ粒子同士の結合性をより高める観点からは、投入されるバインダーの粘度は高いことが好ましく、たとえば、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂が分散媒に分散したラテックスが好ましい。

[0047] １－２．その他の材料

１－２－１．レーザ吸収剤

レーザの光エネルギーをより効率的に熱エネルギーに変換する観点から、粉末材料は、レーザ吸収剤をさらに含んでもよい。レーザ吸収体は、使用する波長のレーザを吸収して熱を発する材料であればよい。このようなレーザ吸収体の例には、カーボン粉末、ナイロン樹脂粉末、顔料および染料が含まれる。これらのレーザ吸収体は、一種類のみ用いても、二種類を組み合わせて用いてもよい。

[0048] レーザ吸収体の量は、金属粒子の焼結または溶融結合が容易になる範囲で適宜設定することができ、たとえば、粉末材料の全質量に対して、０質量％より多く３質量％未満とすることができる。

[0049] １－２－２．フローエージェント

粉末材料の流動性を向上させ、立体造形物の製造時における粉末材料の取り扱いを容易にする観点から、粉末材料は、フローエージェントをさらに含んでもよい。フローエージェントは、摩擦係数が小さく、自己潤滑性を有する材料であればよい。このようなフローエージェントの例には、二酸化ケイ素および窒化ホウ素が含まれる。これらのフローエージェントは、一種類のみ用いても、二種類を組み合わせて用いてもよい。

[0050] フローエージェントの量は、粉末材料の流動性が向上し、かつ、金属粒子

の焼結または溶融結合が十分に生じる範囲で適宜設定することができ、たとえば、粉末材料の全質量に対して、０質量％より多く２質量％未満とすることができる。

[0051] １－３．粉末材料の製造方法

前記金属粒子は、そのまま粉末材料として用いることができる。粉末材料が前記その他の材料を含む場合、粉末状にした前記その他の材料と前記金属粒子とを撹拌混合して粉末材料を得てもよいし、前記金属粒子の製造方法のいずれかの時点で、前記その他の材料を前記分散体にさらに添加することで、前記その他の材料を含む粉末材料を得てもよい。

[0052] ２．立体造形物の製造方法

本実施形態は、前記粉末材料を用いた、立体造形物の製造方法に係る。本実施形態に係る方法は、前記粉末材料を用いるほかは、通常の粉末床溶融結合法と同様に行い得る。具体的には、本実施形態に係る方法は、（１）前記粉末材料の薄層を形成する工程と、（２）形成された薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記粉末材料に含まれる金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成する工程と、（３）工程（１）および工程（２）をこの順に複数回繰り返し、前記造形物層を積層する工程、とを含む。工程（２）により、立体造形物を構成する造形物層のひとつが形成され、さらに工程（３）で工程（１）および工程（２）を繰り返し行うことで、立体造形物の次の層が積層されていき、最終的な立体造形物が製造される。

[0053] ２－１．粉末材料からなる薄層を形成する工程（工程（１））

本工程では、前記粉末材料の薄層を形成する。 たとえば、粉末供給部から供給された前記粉末材料を、リコータによって造形ステージ上に平らに敷き詰める。薄層は、造形ステージ上に直接形成してもよいし、すでに敷き詰められている粉末材料またはすでに形成されている造形物層の上に接するように形成してもよい。

[0054] 薄層の厚さは、造形物層の厚さと同じとする。薄層の厚さは、製造しようとする立体造形物の精度に応じて任意に設定することができるが、通常、０

．０５ｍｍ以上１．０ｍｍ以下である。薄層の厚さを０．０５ｍｍ以上とすることで、次の層を形成するためのレーザ照射によって下の層の金属粒子が焼結または溶融結合されることを防ぐことができる。薄層の厚さを１．０ｍｍ以下とすることで、レーザのエネルギーを薄層の下部まで伝導させて、薄層を構成する粉末材料に含まれる金属粒子を、厚み方向の全体にわたって十分に焼結または溶融結合させることができる。前記観点からは、薄層の厚さは０．０５ｍｍ以上０．５０ｍｍ以下であることがより好ましく、０．０５ｍｍ以上０．３０ｍｍ以下であることがさらに好ましく、０．０５ｍｍ以上０．１０ｍｍ以下であることがさらに好ましい。また、薄層の厚み方向の全体にわたってより十分に金属粒子を焼結または溶融結合させ、積層間の割れをより生じにくくする観点からは、薄層の厚さは、後述するレーザのビームスポット径との差が０．１０ｍｍ以内になるよう設定することが好ましい。

[0055] ２－２．金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成する工程（工程（２））

本工程では、形成された粉末材料からなる薄層のうち、造形物層を形成すべき位置にレーザを選択的に照射し、照射された位置の金属粒子を焼結または溶融結合させる。焼結または溶融結合した金属粒子は、隣接する粉末と溶融し合って焼結体または溶融体を形成し、造形物層となる。このとき、レーザのエネルギーを受け取った金属粒子は、すでに形成された層の金属材料とも焼結または溶融結合するため、隣り合う層間の接着も生じる。

[0056] レーザの波長は、前記金属粒子を構成する金属材料が吸収する範囲内で設定すればよい。このとき、レーザの波長と、その金属材料の吸収率が最も高くなる波長との差が５００ｎｍ以内となることが好ましい。たとえば、レーザの波長は、０．８μｍ以上１２μｍ以下であることが好ましく、０．８μｍ以上３．０μｍ以下であることがより好ましく、０．８μｍ以上１．６μｍ以下であることがさらに好ましい。

[0057] レーザの出力時のパワーは、後述するレーザの走査速度において、前記金属粒子を構成する金属材料が十分に焼結または溶融結合する範囲内で設定す

ればよい。具体的には、５．０Ｗ以上６０Ｗ以下とすることができる。前記粉末材料は、金属材料の種類によらず、低エネルギーのレーザでも金属粒子の焼結または溶融結合が容易になり、立体造形物の製造が可能となる。レーザのエネルギーを低くして、製造コストを低くし、かつ、製造装置の構成を簡易なものにする観点からは、レーザの出力時のパワーは３０Ｗ以下であることが好ましく、２０Ｗ以下であることがより好ましい。

[0058] レーザの走査速度は、製造コストを高めず、かつ、装置構成を過剰に複雑にしない範囲内で設定すればよい。具体的には、５ｍｍ／秒以上２５ｍｍ／秒以上とすることが好ましく、１０ｍｍ／秒以上２５ｍｍ／秒以上とすることがより好ましく、１５ｍｍ／秒以上２５ｍｍ／秒以上とすることがさらに好ましい。

[0059] レーザのビーム径は、製造しようとする立体造形物の精度に応じて適宜設定することができる。

[0060] ２－３．その他

焼結または溶融結合中の金属粒子の酸化または窒化による、立体造形物の強度の低下を防ぐ観点からは、少なくとも工程（２）は減圧下または不活性ガス雰囲気中で行うことが好ましい。減圧するときの圧力は10^{-2}Ｐａ以下であることが好ましく、10^{-3}Ｐａ以下であることがより好ましい。本実施形態で使用することができる不活性ガスの例には、窒素ガスおよび希ガスが含まれる。これらの不活性ガスのうち、入手の容易さの観点からは、窒素（N_2）ガス、ヘリウム（Ｈｅ）ガスまたはアルゴン（Ａｒ）ガスが好ましい。製造工程を簡略化する観点からは、工程（１）および工程（２）の両方を減圧下または不活性ガス雰囲気中で行うことが好ましい。

[0061] 金属粒子をより焼結または溶融結合させやすくする観点からは、工程（２）の前に粉末材料による薄層を予備加熱してもよい。たとえば、ヒータなどの温度調整装置により、上記造形物層を形成すべき領域を選択的に加熱したり、装置内の全体を予め加熱したりして、薄層の表面を金属材料の融点よりも１５℃以下、好ましくは５℃以下にすることができる。

[0062] また、形成された造形物層が再び溶融することによる造形物の寸法精度の低下を抑制する観点からは、温度調整装置により、上記造形物層を形成すべき領域を選択的に冷却したり、装置内の全体を冷却したりしてもよい。

[0063] ３．立体造形装置

本実施形態は、前記粉末材料を用いて、立体造形物を製造する装置に係る。本実施形態に係る装置は、前記粉末材料を用いるほかは、粉末床溶融結合法による立体造形物の製造を行う公知の装置と同様の構成とし得る。具体的には、本実施形態に係る立体造形装置１００は、その構成を概略的に示す側面図である図１に記載のように、開口内に位置する造形ステージ１１０、金属粒子を含む粉末材料の薄膜を前記造形ステージ上に形成する薄膜形成部１２０、薄膜にレーザを照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成するレーザ照射部１３０、鉛直方向の位置を可変に造形ステージ１１０を支持するステージ支持部１４０、および上記各部を支持するベース１４５を備える。

[0064] 立体造形装置１００は、その制御系の主要部を示す図２に記載のように、薄膜形成部１２０、レーザ照射部１３０およびステージ支持部１４０を制御して、前記造形物層を繰り返し形成させて積層させる制御部１５０、各種情報を表示するためのポインティングデバイス等を含む表示部１６０、ユーザーからの指示を受け付けるための操作部１７０、制御部１５０の実行する制御プログラムを含む各種の情報を記憶する記憶部１８０、ならびに外部機器との間で立体造形データ等の各種情報を送受信するためのデータ入力部１９０を備えてもよい。立体造形装置１００には、立体造形用のデータを生成するためのコンピュータ装置２００が接続されてもよい。

[0065] 造形ステージ１１０には、薄膜形成部１２０による薄層の形成およびレーザ照射部１３０によるレーザの照射によって造形物層が形成され、この造形物層が積層されることにより、立体造形物が造形される。

[0066] 薄膜形成部１２０は、たとえば、造形ステージ１１０が昇降する開口の縁部と、水平方向にほぼ同一平面上にその縁部がある開口、開口から鉛直方向

下方に延在する粉末材料収納部、および粉末材料収納部の底部に設けられ開口内を昇降する供給ピストンを備える粉末供給部１２１、ならびに供給された粉末材料を造形ステージ１１０上に平らに敷き詰めて、粉末材料の薄層を形成するリコータ１２２ａを備えた構成とすることができる。

[0067] なお、粉末供給部１２１は、造形ステージ１１０に対して鉛直方向上方に設けられた粉末材料収納部、およびノズルを備えて、前記造形ステージと水平方向に同一の平面上に、粉末材料を吐出する構成としてもよい。

[0068] レーザ照射部１３０は、レーザ光源１３１およびガルバノミラー１３２ａを含む。レーザ照射部１３０は、レーザの焦点距離を薄層の表面にあわせるためのレンズ（不図示）を備えていてもよい。レーザ光源１３１は、前記波長のレーザを、前記出力で出射する光源であればよい。レーザ光源１３１の例には、ＹＡＧレーザ光源、ファイバレーザ光源およびCO_2レーザ光源が含まれる。ガルバノミラー１３２ａは、レーザ光源１３１から出射したレーザを反射してレーザをＸ方向に走査するＸミラーおよびＹ方向に走査するＹミラーから構成されてもよい。

[0069] ステージ支持部１４０は、造形ステージ１１０を、その鉛直方向の位置を可変に支持する。すなわち、造形ステージ１１０は、ステージ支持部１４０によって鉛直方向に精密に移動可能に構成されている。ステージ支持部１４０としては、種々の構成を採用できるが、例えば、造形ステージ１１０を保持する保持部材と、この保持部材を鉛直方向に案内するガイド部材と、ガイド部材に設けられたねじ孔に係合するボールねじ等で構成することができる。

[0070] 制御部１５０は、中央処理装置等のハードウェアプロセッサを含んでおり、立体造形物の造形動作中、立体造形装置１００全体の動作を制御する。

[0071] また、制御部１５０は、たとえばデータ入力部１９０がコンピュータ装置２００から取得した立体造形データを、造形物層の積層方向について薄く切った複数のスライスデータに変換するよう構成されてもよい。スライスデータは、立体造形物を造形するための各造形物層の造形データである。スライ

スデータの厚み、すなわち造形物層の厚みは、造形物層の一層分の厚さに応じた距離（積層ピッチ）と一致する。

[0072] 表示部１６０は、たとえば液晶ディスプレイ、有機ＥＬディスプレイ等で構成することができる。

[0073] 操作部１７０は、たとえばキーボードやマウスなどのポインティングデバイスを含むものとすることができ、テンキー、実行キー、スタートキー等の各種操作キーを備えてもよい。

[0074] 記憶部１８０は、たとえばＲＯＭ、ＲＡＭ、磁気ディスク、ＨＤＤ、ＳＳＤ等の各種の記憶媒体を含むものとすることができる。

[0075] 立体造形装置１００は、制御部１５０の制御を受けて、装置内を減圧する、減圧ポンプなどの減圧部（不図示）、または、制御部１５０の制御を受けて、不活性ガスを装置内に供給する、不活性ガス供給部（不図示）を備えていてもよい。また、立体造形装置１００は、制御部１５０の制御を受けて、装置内、特には粉末材料による薄層の上面を加熱するヒータなどの温度調整装置（不図示）を備えていてもよい。

[0076] ３－１．立体造形装置１００を用いた立体造形

制御部１５０は、データ入力部１９０がコンピュータ装置２００から取得した立体造形データを、造形物層の積層方向について薄く切った複数のスライスデータに変換する。その後、制御部１５０は、立体造形装置１００における以下の動作の制御を行う。

[0077] 粉末供給部１２１は、制御部１５０から出力された供給情報に従って、モーターおよび駆動機構（いずれも不図示）を駆動し、供給ピストンを鉛直方向上方（図中矢印方向）に移動させ、前記造形ステージと水平方向同一平面上に、粉末材料を押し出す。

[0078] その後、リコータ駆動部１２２は、制御部１５０から出力された薄膜形成情報に従って水平方向（図中矢印方向）にリコータ１２２ａを移動して、粉末材料を造形ステージ１１０に運搬し、かつ、薄層の厚さが造形物層の１層分の厚さとなるように粉末材料を押圧する。

[0079] その後、レーザ照射部１３０は、制御部１５０から出力されたレーザ照射情報に従って、薄膜上の、各スライスデータにおける立体造形物を構成する領域に適合して、レーザ光源１３１からレーザを出射し、ガルバノミラー駆動部１３２によりガルバノミラー１３２ａを駆動してレーザを走査する。レーザの照射によって粉末材料に含まれる金属粒子が焼結または溶融結合し、造形物層が形成される。

[0080] その後、ステージ支持部１４０は、制御部１５０から出力された位置制御情報に従って、モーターおよび駆動機構（いずれも不図示）を駆動し、造形ステージ１１０を、積層ピッチだけ鉛直方向下方（図中矢印方向）に移動する。

[0081] 表示部１６０は、必要に応じて、制御部１５０の制御を受けて、ユーザーに認識させるべき各種の情報やメッセージを表示する。操作部１７０は、ユーザーによる各種入力操作を受け付けて、その入力操作に応じた操作信号を制御部１５０に出力する。たとえば、形成される仮想の立体造形物を表示部１６０に表示して所望の形状が形成されるか否かを確認し、所望の形状が形成されない場合は、操作部１７０から修正を加えてもよい。

[0082] 制御部１５０は、必要に応じて、記憶部１８０へのデータの格納または記憶部１８０からのデータの引き出しを行う。

[0083] これらの動作を繰り返すことで、造形物層が積層され、立体造形物が製造される。

実施例

[0084] 以下において、本発明の具体的な実施例を説明する。なお、これらの実施例によって、本発明の範囲は限定して解釈されない。

[0085] １．粉末材料の作製

１－１．金属ナノ粒子、金属微粒子

表１に記載の平均粒子径が１μｍ未満の金属ナノ粒子の分散液を、固形分１００ｇとなる分量だけ容器に入れ、水で希釈して固形分が１０ｗｔ％となる分散体を調製し、さらに、スチレン・ブタジエンラテックス（ＪＳＲ社製

グレード０６０２）を５．０ｇ投入して混合した。金属ナノ粒子とラテックスとが均一混合した状態を目視で確認した後に、容器内を６０℃に加熱しながら撹拌し、凝集融着を促進した。所定の粒子径になった時点で冷却を開始し、その後、融着した微粒子を濾過して取り出し、水で洗浄し、乾燥させて、粉末材料１～８を得た。

[0086] 表１中、粒子径の欄に記載の数値は、製造元が公表している粒子径（単位：ｎｍ）を示す。放射率の欄に記載の数値は、それぞれの金属材料の放射率を示す。

[0087] [表1]

表１：金属ナノ粒子

Ｎｏ.	金属ナノ粒子			
	材料	粒子径（ｎｍ）	放射率	製造元、商品名
1	銅（Ｃｕ）	４００	０．０６	（株）イオックス、ＩＮＣｕシリーズ
2	銅（Ｃｕ）	１００	０．０６	（株）イオックス、ＩＮＣｕシリーズ
3	銅（Ｃｕ）	３０	０．０６	（株）イオックス、ＩＮＣｕシリーズ
4	アルミニウム（ＡＩ）	４００	０．１３	東洋アルミニウム（株）、アルペーストＷＸＭ
5	鉄（Ｆｅ）	１００	０．３５	イーエムジャパン（株）、鉄ナノ粒子／ナノパウダー（９５－１０５ｎｍ）
6	チタン（Ｔｉ）	４０	０．５５	イーエムジャパン（株）、チタンナノ粒子／ナノパウダー（３０－５０ｎｍ）
7	銅（Ｃｕ）	２７	０．０６	（株）イオックス、ＩＮＣｕシリーズ
8	銅（Ｃｕ）	５００	０．０６	昭栄化学工業（株）Ｃｕ１０５

[0088] 上記金属ナノ粒子の代わりに平均粒子径が５０００ｎｍの銅微粒子（商品名ＨＸＲ－Ｃｕ、日本アトマイズ加工株式会社製、放射率：０．０６）を用

いた以外は粉末材料１～８と同様にして、粉末材料９を得た。

[0089] 平均粒子径が３１μｍの銅微粒子（商品名ＬＰＷ　Ｃｕ、愛知産業株式会社製）を、そのまま、粉末材料１０とした。平均粒子径が３６μｍのアルミニウム微粒子（商品名ＬＰＷ７０５０、愛知産業株式会社製）を、そのまま、粉末材料１１とした。

[0090] 表２に、粉末材料１～１１の平均粒子径およびＢＥＴ比表面積を表す。粉末材料１～１１の平均粒子径は、湿式分散機を備えたレーザ回折式粒度分布測定装置「ヘロス（ＨＥＬＯＳ）」（シンパティック（ＳＹＭＰＡＴＥＣ）社製）で測定した値であり、ＢＥＴ比表面積は、比表面積・細孔分布測定装置「フローソーブ」（島津製作所社製）を用いて、ＪＩＳ　Ｚ　８８３０に記載の方法（吸着ガス量の測定方法：キャリアガス法、吸着質：窒素ガス、データ解析方法：一点法）で測定した値である。備考欄に記載の「多孔性」は、前記処理により製造された多孔性の金属粒子であることを、「バルク」は、前記処理を行わなかった、多孔性ではない金属粒子であることを、それぞれ示す。

[0091] [表2]

表２：粉末材料

Ｎｏ.	金属材料	粉末材料		
		粒子径（μｍ）	ＢＥＴ比表面積（m^2/m^3）	備考
１	銅（Ｃｕ）	３２	5.0×10^6	多孔性
２	銅（Ｃｕ）	３３	2.6×10^7	多孔性
３	銅（Ｃｕ）	３５	1.1×10^8	多孔性
４	アルミニウム（Ａｌ）	３２	5.0×10^6	多孔性
５	鉄（Ｆｅ）	３６	2.6×10^7	多孔性
６	チタン（Ｔｉ）	３１	8.4×10^7	多孔性
７	銅（Ｃｕ）	３２	1.3×10^8	多孔性
８	銅（Ｃｕ）	３０	4.0×10^6	多孔性
９	銅（Ｃｕ）	３２	1.5×10^6	多孔性
１０	銅（Ｃｕ）	３１	0.6×10^6	バルク
１１	アルミニウム（Ａｌ）	３６	0.5×10^6	バルク

[0092] ２．造形物の作製

粉末材料１～１１を造形ステージ上に敷き詰めて厚さ０．１ｍｍの薄層を形成し、以下の条件下で、ＹＡＧ波長用ガルバノメータスキャナを搭載した５０Ｗファイバレーザ（ＳＰＩ　Ｌａｓｅｒｓ社製）からレーザを照射して、それぞれのレーザ出力条件ごとに、単層からなる造形物１～１１をそれぞれ作製した。

[0093] ［レーザの出射条件］

レーザ出力　　：１０Ｗ、２０Ｗ、３０Ｗ、４０Ｗまたは５０Ｗ

レーザの波長　　：１．０７μｍ

ビーム径　　：薄層表面で１７０μｍ

[0094] ［レーザの走査条件］

走査速度　　：２０ｍｍ／ｓｅｃ

ライン数　　：１ライン

[0095] ［周囲雰囲気］

温度　　：常温

ガス　　：アルゴン（Ａｒ）　１００％

[0096] ３．造形物の評価

造形物１～１１のそれぞれについて、任意に設定した範囲のＳＥＭ写真を市販の走査型電子顕微鏡（商品名Ｓ－３５００Ｎ、日立製作所社製）により撮像した画像について、画像内に確認できる金属粒子の全個数に対して、隣接する粉末と焼結または溶融結合していた金属粒子の個数の割合を求めた。ＳＥＭ写真の撮影条件は以下のように設定した。

・真空モード：低真空モード

・加速電圧　：５ｋＶ

・倍率　：２５０倍

・電子照射開始から撮影開始までの時間：３分

・試料　：スパッタ処理済み

・試料台　：アルミニウム製、接地状態

そして、以下の基準により焼結または溶融の状態を評価した。

○： ＳＥＭ画像中にみられる金属粒子のすべてが、隣接する粉末と焼結または溶融結合している

△： ＳＥＭ画像中にみられる金属粒子のうち５０％以上１００％未満が、隣接する粉末と焼結または溶融結合している

×： ＳＥＭ画像中の５０％未満の粉末材料が、隣接する粉末と焼結または溶融結合している

[0097]

[表3]

表３：レーザ強度ごとの評価結果

	粉末材料Ｎｏ.	レーザ強度／焼結または溶融状態				
		１０Ｗ	２０Ｗ	３０Ｗ	４０Ｗ	５０Ｗ
実施例１	1	△	△	○	○	○
実施例２	2	△	△	○	○	○
実施例３	3	△	○	○	○	○
実施例４	4	△	△	○	○	○
実施例５	5	△	○	○	○	○
実施例６	6	○	○	○	○	○
比較例１	7	△	△	△	△	○
比較例２	8	×	△	△	△	○
比較例３	9	×	×	×	△	△
比較例４	１０	×	×	×	△	△
比較例５	１１	×	×	△	△	○

[0098] ＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上の多孔性の金属粒子を含んでなる粉末材料によって造形性を作製すると、レーザの強度が低い場合（たとえば、３０Ｗ以下）でも、多くの金属粒

子が隣接する金属粒子と焼結または溶融し合って連結していた（実施例１～６）。

[0099] 特に、放射率が０．３以下である金属材料からなる金属粒子については、バルク状では、レーザの強度を高めないと線状の焼結体または溶融体が形成されなかったが、多孔性にすると、レーザの強度が低い場合（たとえば、３０W以下）でも、多くの金属粒子が隣接する金属粒子と焼結または溶融し合って連結していた（実施例１～４と比較例４、５との比較による）。

[0100] また、放射率が０．３５以上である金属材料を含む金属粒子については、レーザの強度がより低い場合（たとえば、２０W以下）でも、多くの粉末材料が隣接する粉末と焼結または溶融し合って連結していた（実施例５、６）。

[0101] また、金属粒子が、粒径が１００ｎｍ以下の金属ナノ粒子がバインダーで結合してなるものであると、レーザの強度がさらに低い場合（たとえば、２０W以下）でも、より多くの粉末材料が隣接する粉末と焼結または溶融し合って連結していた（実施例２、３、５、６）。

[0102] 一方で、ＢＥＴ比表面積が５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上ではない金属粒子、またはバルク状の金属粒子を含む粉末材料によって立体造形物を作製すると、レーザの強度が低い場合（たとえば、３０W以下）に、隣接する粉末と焼結または溶融し合って連結する粉末材料の割合は少なくなった（比較例１～５）。

産業上の利用可能性

[0103] 本発明に係る方法および装置によれば、放射率の高い金属材料でもより低いエネルギーのレーザで粉末床溶融結合法による立体造形が可能となる。そのため、本発明は、当分野での粉末床溶融結合法のさらなる普及に寄与するものと思われる。

[0104] 本出願は、２０１５年５月１５日出願の日本国出願番号２０１５－１０００６１号に基づく優先権を主張する出願であり、当該出願の特許請求の範囲、明細書および図面に記載された内容は本出願に援用される。

符号の説明

[0105] １００　立体造形装置

１１０　造形ステージ

１２０　薄膜形成部

１２１　粉末供給部

１２２　リコータ駆動部

１２２ａ　リコータ

１３０　レーザ照射部

１３１　レーザ光源

１３２　ガルバノミラー駆動部

１３２ａ　ガルバノミラー

１４０　ステージ支持部

１４５　ベース

１５０　制御部

１６０　表示部

１７０　操作部

１８０　記憶部

１９０　データ入力部

２００　コンピュータ装置

請求の範囲

[請求項1] 金属粒子を含む粉末材料の薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成し、前記造形物層を積層することによる立体造形物の製造に使用される粉末材料であって、

前記粉末材料は、金属ナノ粒子がバインダーで結合してなる多孔性の金属粒子を含み、

前記粉末材料のＢＥＴ比表面積は、５．０×１０^{6}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以上１．１×１０^{8}（ｍ^{2}／ｍ^{3}）以下である、粉末材料。

[請求項2] 前記金属粒子は、波長が１．０７μｍである光に対する放射率が０．３０以下である金属材料を含む、請求項１に記載の粉末材料。

[請求項3] 前記金属ナノ粒子の平均粒子径は、１００ｎｍ以下である、請求項１または２に記載の粉末材料。

[請求項4] 前記バインダーは熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂および金属への吸着性を有するタンパク質からなる群から選択される少なくとも１の成分を含む、請求項１～３のいずれか１項に記載の粉末材料。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項に記載の粉末材料の薄層を形成する工程と、

前記薄層にレーザ光を選択的に照射して、前記粉末材料に含まれる金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成する工程と、

前記薄層を形成する工程と前記造形物層を形成する工程とをこの順に複数回繰り返し、前記造形物層を積層する工程と、

を含む立体造形物の製造方法。

[請求項6] 造形ステージと、

請求項１～４のいずれか１項に記載の粉末材料の薄膜を前記造形ステージ上に形成する薄膜形成部と、

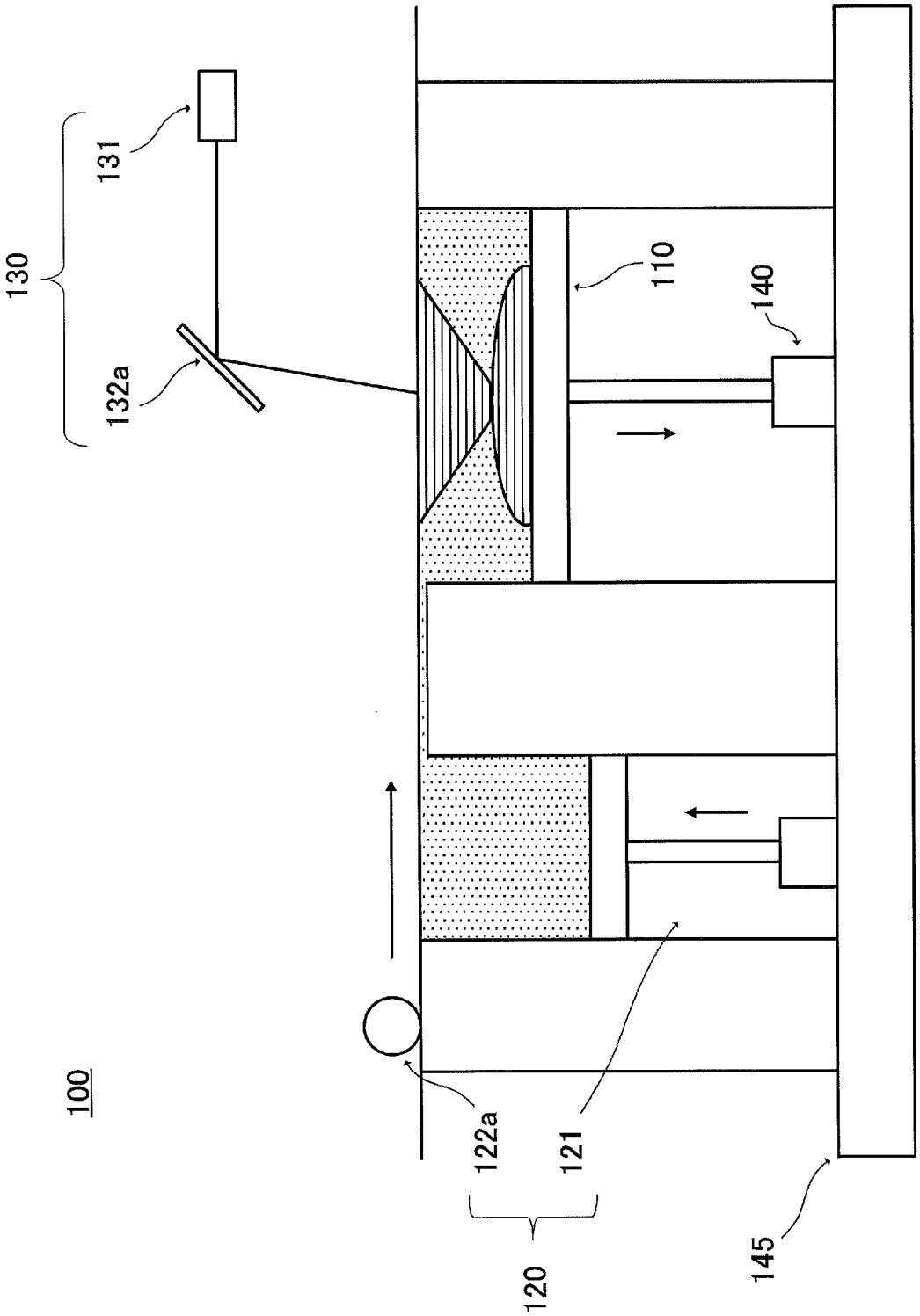
前記薄膜にレーザを照射して、前記金属粒子が焼結または溶融結合してなる造形物層を形成するレーザ照射部と、

前記造形ステージを、その鉛直方向の位置を可変に支持するステージ支持部と、

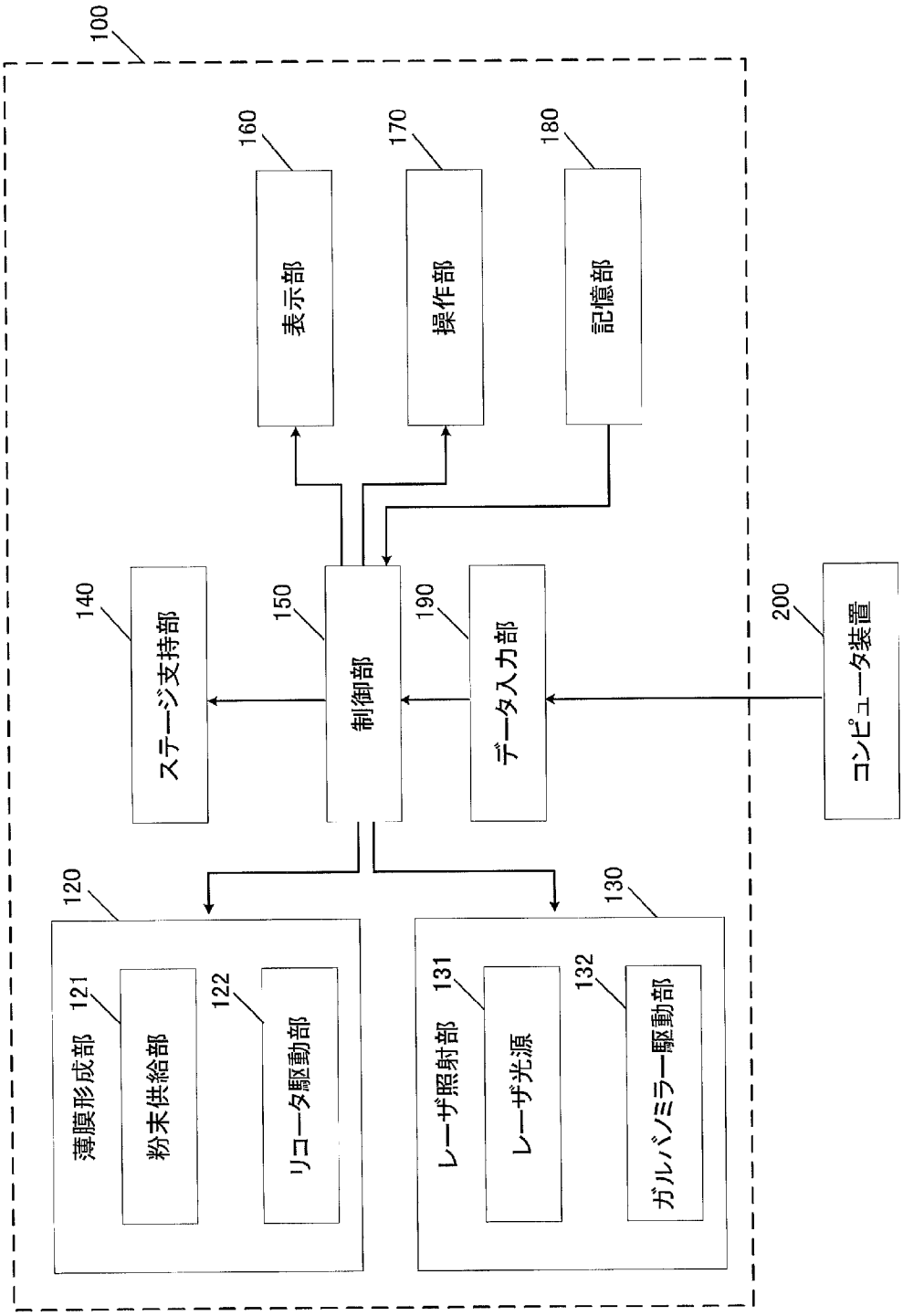
前記薄膜形成部、前記レーザ照射部および前記ステージ支持部を制御して、前記造形物層を繰り返し形成させて積層させる制御部と、

を備える、立体造形装置。

[図1]



[図2]


100
160
表示部
170
操作部
180
記憶部
140
ステージ支持部
150
制御部
190
データ入力部
200
コンピュータ装置
120
薄膜形成部
121
粉末供給部
122
リコータ駆動部
130
レーザ照射部
131
レーザ光源
132
ガルバノミラー駆動部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/064010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B22F3/105(2006.01)i, *B22F1/00*(2006.01)i, *B22F3/16*(2006.01)i, *B29C67/04*(2006.01)i, *B33Y10/00*(2015.01)i, *B33Y30/00*(2015.01)i, *B33Y70/00*(2015.01)i, *B82Y30/00*(2011.01)i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B22F3/105, B22F1/00, B22F3/16, B29C67/04, B33Y10/00, B33Y30/00, B33Y70/00, B82Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-200030 A (Aisan Industry Co., Ltd.), 03 August 2006 (03.08.2006), & US 2006/0165546 A1 & DE 102006003152 A1	1-6
A	WO 2014/107204 A2 (SIEMENS AG), 10 July 2014 (10.07.2014), & JP 2016-502589 A & US 2014/0099476 A1 & US 2015/0034604 A1 & EP 2903762 A2 & CN 104684667 A	1-6
X A	JP 2009-001900 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 08 January 2009 (08.01.2009), paragraph [0015]; fig. 1, 2 & WO 2008-146698 A1 paragraph [0015]; fig. 1, 2	6 1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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	Date of mailing of the international search report
02 August 2016 (02.08.16)	09 August 2016 (09.08.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/064010

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 2015/194678 A1 (Fujimi Inc.), 23 December 2015 (23.12.2015), (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６４０１０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F3/105(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, B29C67/04(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i, B33Y70/00(2015.01)i, B82Y30/00(2011.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F3/105, B22F1/00, B22F3/16, B29C67/04, B33Y10/00, B33Y30/00, B33Y70/00, B82Y30/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2006-200030 A (愛三工業株式会社) 2006.08.03 ＆　US 2006/0165546 A1 ＆　DE 102006003152 A1	１－６
Ａ	WO 2014/107204 A2 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 2014.07.10 ＆　JP 2016-502589 A ＆　US 2014/0099476 A1 ＆　US 2015/0034604 A1 ＆　EP 2903762 A2	１－６

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０８．２０１６	０９．０８．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｘ　８９２４
米田　健志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７７

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
	＆　CN 104684667 A	
Ｘ	JP 2009-001900 A（パナソニック電工株式会社）2009.01.08，第0015段落、図１、図２	６
Ａ	＆　WO 2008-146698 A1，第0015段落、図１、図２	１－５
ＰＸ	WO 2015/194678 A1（株式会社フジミインコーポレーテッド）2015.12.23（ファミリーなし）	１－６