

(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
2017年11月30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/203717 A1

(51) 国際特許分類:

B22F 1/00 (2006.01) B22F 3/16 (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01) C22C 21/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065829

(22) 国際出願日: 2016年5月27日(27.05.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所 (TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE OF OSAKA PREFECTURE) [JP/JP]; 〒5941157 大阪府和泉市あゆみ野2丁目7番1号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 菅原 貴広 (SUGAHARA, Takahiro); 〒5941157 大阪府和泉市あゆみ野2丁目7番

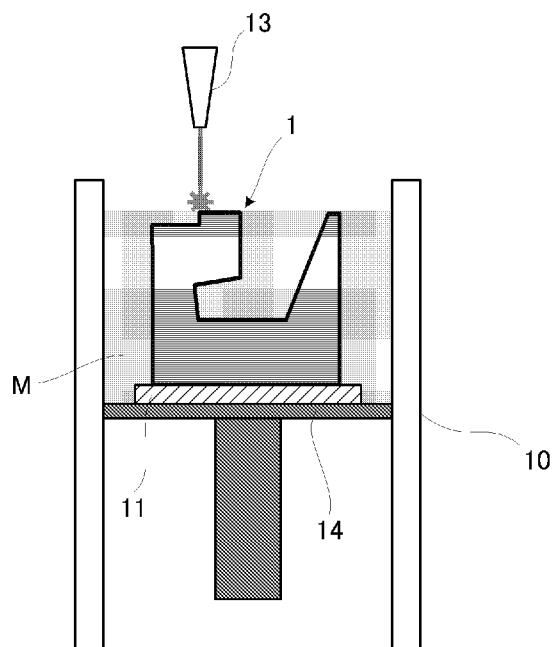
1号 地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所内 Osaka (JP). 中本 貴之 (NAKAMOTO, Takayuki); 〒5941157 大阪府和泉市あゆみ野2丁目7番1号 地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人三枝国際特許事務所 (SAEGUSA & PARTNERS); 〒5410045 大阪府大阪市中央区道修町1-7-1 北浜T N Kビル Osaka (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,

(54) Title: LAMINATE-MOLDING METAL POWDER, LAMINATE-MOLDED ARTICLE MANUFACTURING METHOD, AND LAMINATE-MOLDED ARTICLE

(54) 発明の名称: 積層造形用の金属粉末、積層造形物の製造方法及び積層造形物



(57) Abstract: Provided is a laminate-molded article having high ductility and thermal conductivity in addition to a high relative density. A laminate-molded article 1 is manufactured by means of laminate molding by using laminate-molding metal powder that contains aluminum as the principal component, that contains, in total, 10% or less by mass of silicon and magnesium, and wherein the contained amount of silicon is greater than 1% by mass.

(57) 要約: 高い相対密度に加え、高い延性及び熱伝導性を有する積層造形物を提供する。アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい積層造形用の金属粉末を用いて、積層造形法により、積層造形物1を製造する。

[続葉有]



WO 2017/203717 A1

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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

積層造形用の金属粉末、積層造形物の製造方法及び積層造形物

技術分野

[0001] 本発明は、積層造形用金属粉末、積層造形物の製造方法及び積層造形物に関する。

背景技術

[0002] 金属製品の加工技術として、金属粉末を対象とする積層造形法（いわゆる「３Ｄプリンタ」）が知られている。積層造形法は、金属粉末を薄く敷き詰めた金属粉末層を形成し、作成すべき３次元造形物のスライスデータ（描画パターン）に基づき、金属粉末層の特定領域に対してレーザ光を照射することにより局所的に加熱して溶融又は焼結させ、これを複数の金属粉末層に対して繰り返し行って上下に造形体を積層させることで、積層造形物を製造する方法である。この積層造形法の利点は、切削などの機械加工では非常に困難であった複雑形状の造形物の製造が可能になったことである。

[0003] 積層造形法に用いられる金属粉末としては、現在、鉄系合金粉末、アルミニウム系合金粉末、チタン系合金粉末などが知られており、特許文献１には、アルミニウムにビスマスを含有したアルミニウム合金粉末を用いて積層造形物を製造する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特表２０１５－５２５２９０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の積層造形法では、製造される積層造形物の最大相対密度が９２％程度であり、積層造形物の緻密性に課題があるため、機械的性質などの問題で、適用可能な金属製品に一定の制限が生じるおそれがある。

[0006] 本発明は、上記した課題に着目してなされたもので、例えば熱交換器やヒートシンクなどの熱制御部品、航空宇宙分野や自動車分野におけるエンジン部品やサスペンション部品、油圧部品、ブラケットなどの各種部品など、種々の金属製品に適用可能なように、高い相対密度に加え、高い延性及び熱伝導性を有する積層造形物を製造することが可能な積層造形用金属粉末、積層造形物の製造方法及び積層造形物を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の上記目的は、アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい積層造形用の金属粉末により達成される。なお、本発明において、金属粉末におけるマグネシウムの含有量としては0質量%も含んでいる。

[0008] 本発明に係る金属粉末の好ましい実施態様においては、珪素及びマグネシウムを合計で7質量%以下含有することを特徴としている。

[0009] 本発明に係る金属粉末のさらに好ましい実施態様においては、珪素を4質量%以上含有することを特徴としている。

[0010] 本発明に係る金属粉末のさらに好ましい実施態様においては、マグネシウムを含有しないことを特徴としている。

[0011] また、本発明の上記目的は、アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい積層造形用の金属粉末を敷き詰めて金属粉末層を形成する第1工程と、前記金属粉末層の所定領域の金属粉末を溶融及び凝固させることで、ブロック体を造形する第2工程と、を備え、前記第1工程による前記金属粉末層の形成及び前記第2工程による前記ブロック体の造形を繰り返すことにより、複数の前記ブロック体が積層一体化された積層造形物を製造する積層造形物の製造方法によっても達成される。なお、本発明においても、金属粉末におけるマグネシウムの含有量としては0質量%も含んでいる。

[0012] 本発明に係る製造方法の好ましい実施態様においては、珪素及びマグネシウムを合計で7質量%以下含有することを特徴としている。

- [0013] 本発明に係る製造方法のさらに好ましい実施態様においては、珪素を4質量%以上含有することを特徴としている。
- [0014] 本発明に係る製造方法のさらに好ましい実施態様においては、マグネシウムを含有しないことを特徴としている。
- [0015] 本発明に係る製造方法の好ましい実施態様においては、前記第2工程では、前記金属粉末層の所定領域の金属粉末にレーザ光を照射して、レーザ光照射部の金属粉末をブロック体に造形しており、レーザ光のエネルギー密度が 30 J/mm^3 以上 140 J/mm^3 以下であることを特徴としている。レーザ光のエネルギー密度は、さらに 50 J/mm^3 以上 90 J/mm^3 以下とすることが好ましい。
- [0016] また、本発明の上記目的は、アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい珪素含有アルミニウム合金から構成され、複数のブロック体が積層一体化されてなり、前記珪素含有アルミニウム合金の理論密度に対する相対密度が97%以上であり、熱伝導率が $120\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、破断伸びが13%以上である積層造形物によっても達成される。なお、本発明においても、金属粉末におけるマグネシウムの含有量としては0質量%も含んでいる。
- [0017] 本発明に係る積層造形物の好ましい実施態様においては、前記珪素含有アルミニウム合金の理論密度に対する相対密度が99%以上であることを特徴としている。
- [0018] 本発明に係る積層造形物のさらに好ましい実施態様においては、熱伝導率が $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴としている。
- [0019] 本発明に係る積層造形物のさらに好ましい実施態様においては、破断伸びが15%以上であることを特徴としている。
- [0020] 本発明に係る積層造形物のさらに好ましい実施態様においては、前記珪素含有アルミニウム合金がマグネシウムを含有しないことを特徴としている。
- [0021] 本発明に係る積層造形物のさらに好ましい実施態様においては、前記ブロ

ック体の積層方向に垂直な断面におけるセルの平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴としている。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、高い相対密度に加え、種々の金属製品に適用可能なように、高い延性及び熱伝導性を有する積層造形物を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態である積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図2]図1に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図3]図2に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図4]図3に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図5]図4に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図6]図5に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図7]図6に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図8]図7に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図9]図8に続き、積層造形物の製造方法の工程を説明する工程図である。

[図10]引張試験に用いる試験片の平面図である。

[図11]セルの平均粒径の測定方法を説明する説明図である。

[図12]Al-Si系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた破断伸びを示すグラフである。

[図13]Al-Si-Mg系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた破断伸びを示すグラフである。

[図14]Al-Si系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた熱伝導率を示すグラフである。

[図15]Al-Si-Mg系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた熱伝導率を示すグラフである。

[図16]Al-Si系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた水平断面の光学顕微鏡（OM）写真である。

[図17] Al-Si-Mg系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた水平断面の光学顕微鏡（OM）写真である。

[図18] Al-Si-Mg系合金粉末を用いて鋳造により製造された鋳造材の水平断面の光学顕微鏡（OM）写真である。

[図19] Al-Si系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた水平断面（上段）及び鉛直断面（下段）の走査電子顕微鏡（SEM）写真である。

[図20] Al-Si-Mg系合金粉末を用いて積層造形により製造された積層造形物の珪素含有量に応じた水平断面（上段）及び鉛直断面（下段）の走査電子顕微鏡（SEM）写真である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して説明する。本発明は、機械加工や鋳造加工では製造することが困難な複雑形状を有する機械部品を製造可能な積層造形技術に関し、例えば熱交換器やヒートシンクなどの熱制御部品、航空宇宙分野や自動車分野におけるエンジン部品やサスペンション部品、油圧部品、ブラケットなどの各種部品などの製造に広く適用することができる。

[0025] 熱制御部品は、その性能として機械強度に加えて熱伝導性が要求されるため、これらの用途に積層造形物を用いる場合には、積層造形物は高い相対密度や高い熱伝導率を必要とする。また、自動車や航空機の各種部品は、その性能として機械強度に加えて信頼性確保のために延性が要求されるため、これらの用途に積層造形物を用いる場合には、積層造形物は高い相対密度や高い破断伸びを必要とする。これら機械強度、延性、熱伝導性を両立できる積層造形物は未だ開発されていないところ、本発明者は、積層造形用の金属粉末として、軽量でかつ熱伝導性が良好なアルミニウム合金粉末について検討し、その結果、特定の組成を有するアルミニウム合金粉末を用いて積層造形を行うことにより、製造される積層造形物において、機械強度、延性、熱伝導性を両立できることを見出し、本発明に至った。

[0026] 図１～図９は、本発明の一実施形態である積層造形物１の製造方法の工程を説明する工程図である。本実施形態の積層造形物１の製造方法は、アルミニウムを主成分として含有するアルミニウム合金粉末（以下、単に「金属粉末」という。）を、例えば、基材１１上に敷き詰めて所定厚みの金属粉末層Ｍを形成する第１工程と、金属粉末層Ｍの所定領域の金属粉末を溶融及び固化させることでブロック体２を造形する第２工程とを備え、このブロック体２上に、新たな金属粉末層Ｍの形成及びブロック体２の造形を繰り返して行うことにより、複数のブロック体２が上下方向に積層一体化された積層造形物１を製造するものである。

[0027] 積層造形物１の製造装置は、例えば、周囲が囲まれたチャンバ１０の内部に平板状の基材１１を備えており、この基材１１上に金属粉末が敷き詰められる。基材１１の素材としては、鉄、アルミニウム、チタン、炭素鋼・合金鋼・ステンレス鋼などの鋼、銅などの汎用金属材料、又は、セラミックス、ガラス、ポリイミドなどの耐熱性を有するプラスチック材料などを用いることができるが、特に、アルミニウム、チタン、銅、鉄、鋼など、造形される積層造形物１との接合性の高い金属材料を好ましく用いることができる。基材１１には、ヒーターなどの加熱装置（図示せず）が接続され、基材１１は常時加熱されている。これにより、レーザ照射による局所加熱により導入される熱歪みの低減が可能である。なお、本実施形態では、基材１１が前記加熱装置により常時加熱されるが、必ずしも前記加熱装置により基材１１を加熱する必要はない。また、基材１１の表面は、造形される積層造形物１との接合性を高めるために、ブラスト処理などの公知の方法により粗面化処理が施されていることが好ましい。

[0028] チャンバ１０の内部には、基材１１の上方にチャンバ１０内を水平方向に往復動可能な幅板状のスキージ１２が配備されている。スキージ１２が基材１１の表面よりも所定の高さ上方でスライド移動することにより、金属粉末を貯蔵する金属粉末供給部（図示せず）から金属粉末が基材１１上に供給されると、基材１１上に、全体の厚みがほぼ一定の平坦な金属粉末の層（金属

粉末層M)が形成される。基材11はステージ14上に取り付けられており、ステージ14の上下動により基材11の上下位置を調整可能である。基材11の上下位置を調整することで、金属粉末層Mの厚みを適宜変更できる。金属粉末層Mの厚みは、製造される積層造形物1の寸法精度を向上させるには、薄い方が好ましい。

[0029] また、本実施形態では、製造装置は、金属粉末層Mにレーザ光を照射するレーザ光走査装置13を備えている。金属粉末層Mにレーザ光を照射すると、照射部分の金属粉末が加熱されて溶融する。これを急冷して固化させることにより、照射部分の金属粉末がブロック体2に造形される。レーザ光走査装置13は、図示は省略するが、レーザ光を出射するレーザ光源とガルバノミラーなどの光学機器とを有しており、ガルバノミラーなどによってレーザ光を金属粉末層M上の任意の領域に所定のパターン形状で走査可能である。よって、金属粉末層Mの特定領域だけを選択して局所的に金属粉末をレーザ光により加熱できるので、レーザ光の照射部分の金属粉末だけを固化させて所望の形状及び大きさのブロック体2を造形可能である。レーザ光源から出射するレーザ光としては、ファイバーレーザ、炭酸ガスレーザ、YAGレーザ、半導体レーザなどの種々のレーザを使用することが可能である。

[0030] なお、本実施形態では、金属粉末を溶融して固化させる方法として、粉末床溶融結合法を利用し、金属粉末を固化させる手段としてレーザ光を用いているが、当該手段としては、レーザ光に限定されるものではなく、例えば電子ビームやプラズマなどを用いてもよい。また、金属粉末を固化させる方法としては、粉末床溶融結合法以外の3Dプリンティング法（付加製造法）を利用してもよく、例えば、指向性エネルギー堆積法を利用することができる。さらに、造形中に切削加工やレーザトリミングを実施してもよく、造形中や造形後にレーザや電子ビームによる表面改質を行ってもよい。

[0031] また、本実施形態では、製造装置は、図示は省略するが、チャンバ10に雰囲気ガスを供給するガスタンクを備えている。チャンバ10内が雰囲気ガスによって満たされることにより、金属粉末やブロック体2の酸化などが防

止される。雰囲気ガスとしては、例えば、窒素ガスやアルゴンガス、ヘリウムガスなどを例示することができる。また、雰囲気ガスに代えて還元性ガスを用いてもよい。また、金属粉末やブロック体2の酸化などを防止するためには、チャンバ10内を真空ポンプなどにより減圧してもよい。

[0032] 次に、本実施形態の製造方法では、金属粉末としてアルミニウム合金粉末を用いて積層造形物1を製造するので、使用される金属粉末について説明する。

[0033] 金属粉末は、通常の2次元プリンタにおけるトナー、インクに相当する。金属粉末は、アルミニウム（Al）を主成分とし、珪素（Si）を第2成分として含有するAl-Si系合金粉末である。金属粉末において主成分として含まれるアルミニウムの含有量は、例えば60質量%以上のことを指し、70質量%以上でもよいし、80質量%以上でもよい。金属粉末におけるアルミニウム含有量は、「JIS H 1305：アルミニウム及びアルミニウム合金の発光分光分析方法」により準拠した方法により測定することができる。

[0034] 金属粉末は、アルミニウム及び珪素に加え、その他の成分が含有されていてもよい。例えば、マグネシウム（Mg）、銅（Cu）、亜鉛（Zn）、鉄（Fe）、マンガン（Mn）、リチウム（Li）、ニッケル（Ni）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、カルシウム（Ca）、ジルコニウム（Zr）、ナトリウム（Na）、ストロンチウム（Sr）、アンチモン（Sb）、ベリリウム（Be）、リン（P）、バナジウム（V）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、ビスマス（Bi）、コバルト（Co）、銀（Ag）、ガリウム（Ga）、スカンジウム（Sc）、ホウ素（B）などを挙げることができる。これらの成分は、製造時に意図的に添加される場合もあれば、不純物として不可避免的に混入する場合もある。

[0035] その他の成分としては、マグネシウムを好ましく含めることができる。マグネシウムは、金属粉末に添加することで、製造される積層造形物の機械強度を向上させることができるうえ、比重を低下させることができる。金属粉

末におけるマグネシウム含有量は、0.05質量%以上1.5質量%以下であることが好ましい。金属粉末におけるマグネシウム含有量は、「JIS H 1307：アルミニウム及びアルミニウム合金の誘導結合プラズマ発光分光分析方法」により準拠した方法により測定することができる。

[0036] 金属粉末における珪素の含有量の上限は、マグネシウムとの合計で10質量%以下であるが、7質量%以下であることが好ましい。また、珪素の含有量の下限は、1質量%よりも大きく、4質量%以上であることが好ましい。なお、金属粉末における珪素含有量は、「JIS H 1352：2007：アルミニウム及びアルミニウム合金中のけい素定量方法」により準拠した方法により測定することができる。

[0037] なお、マグネシウムは、金属粉末に添加すると製造される積層造形物1の強度を良好に向上できるため、アルミニウム合金の積層造形においては欠かすことのできない成分であると考えられていたが、本発明者の鋭意研究によると、マグネシウムを含有していなくても、珪素を含有しているだけで、製造される積層造形物の機械強度を十分に実用に耐えられる程度のものとしてことができ、その反面、延性及び熱伝導性を向上できることが見出された。したがって、金属粉末にはマグネシウムを含有させないことが好ましく、マグネシウムを含有させない場合には、金属粉末における珪素の含有量だけで10質量%以下としてもよく、好ましくは7質量%以下にしてもよい。なお、マグネシウムを金属粉末に含有させないとは、意図的に金属粉末に添加しないことを指し、不純物として不可避免的に混入することまで除外するものではなく、0.05質量%未満程度であれば、含まれていないとすることができる。また、マグネシウムが金属粉末に含まれる場合には、金属粉末における珪素の含有量の上限は、10質量%未満となり、7質量%未満とすることが好ましい。

[0038] 上述した金属粉末の粒径は、粉末製造条件、分級、篩分けなどにより適宜調整される。金属粉末の平均粒径は、特に限定されるものではなく、積層造形物1の製造する際の金属粉末層Mの高さに応じて調整することができ、例

例えば $100\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ とすることができ、さらには $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ とすることができ、さらには $5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ とすることができる。また、金属粉末の粒子形状は特に限定されるものではなく、略球状であってもよいし、その他の形状であってもよい。

[0039] 上述した金属粉末は、例えばガスアトマイズ法や水アトマイズ法によって製造することができるが、その他、回転電極法、遠心力アトマイズ法、メカニカルアロイング法などによっても製造することもできる。

[0040] 次に、上述した金属粉末を用いた積層造形物1の製造方法について説明する。まず、図1に示すように、スキージ12を水平方向（矢印A方向）に移動させることで基材11上に金属粉末を供給し、基材11上に金属粉末を敷き詰めて、全体がほぼ一定の厚みを有する平坦な金属粉末層Mを形成する（第1工程）。このとき、基材11の上下位置を調整することで、所望の厚さdからなる金属粉末層Mを形成できる。

[0041] 次に、図2に示されるように、レーザ光走査装置13により、金属粉末層M表面の任意の領域にレーザ光を照射し、この照射部分の金属粉末を加熱する。これにより、レーザ光照射部分の金属粉末が溶融固化し、図3に示すように、レーザ光を所望の走査経路に沿って照射することによりブロック体2が造形される（第2工程）。

[0042] ブロック体2は、例えば、積層造形物1の3次元CADによる立体形状データから変換されたSTLデータのスライスデータに基づき造形される。スライスデータは、積層造形物1の立体形状データを等ピッチdで上下複数の層に分割した各断面の輪郭形状データであり、スライスデータに基づいて基材11を上下動させるとともに、上下方向に複数積層される各金属粉末層Mに対してレーザ光が所定領域に照射されることで、局所的に金属粉末が溶融固化し、所望の形状を有するブロック体2が造形される。

[0043] そして、図4に示すように、先に形成されたブロック体2及び残存する金属粉末の上に、スキージ12を水平方向に移動させて新たに金属粉末を供給し、所望の厚さdからなる新たな金属粉末層Mを形成する（第1工程）。

[0044] 次いで、同様に、新たな金属粉末層Mの表面にレーザ光を走査して、金属粉末層Mの所望の範囲にレーザ光を照射する。これにより、図5及び図6に示すように、照射部分の金属粉末が局所的に加熱され、該金属粉末が熔融固化することで、新たなブロック体10が造形される（第2工程）。金属粉末が熔融固化してブロック体2が造形される際には、先に造形された下層のブロック体2と接合されるので、新たに造形されるブロック体2は下層のブロック体2と一体化することになる。

[0045] 上述した第1工程と第2工程とを繰り返し行ってブロック体2を積み重ねていき、図7～図9に示すように、ブロック体2の層数が所定の層数に達することで、所望の三次元形状を有する積層造形物1が得られる。

[0046] ここで、第2工程において、金属粉末層Mにレーザ光を照射する際の照射条件、つまりは、レーザ光の出力、走査速度、走査ピッチなどは、例えば、出力であれば1000W以下の範囲内で、走査速度であれば7000mm/s以下の範囲内で、走査ピッチであれば250mm以下の範囲内で、それぞれ適宜調整可能である。

[0047] なお、本発明者の鋭意研究によると、レーザ光の出力P（単位：W）、走査速度v（単位：mm/s）及び走査ピッチs（単位：mm）、スライスデータの積層ピッチd（単位：mm）から以下の式（1）で算出されるレーザ光のエネルギー密度Eを金属粉末の組成毎に適宜設定して、最適な照射条件でレーザ光を金属粉末に照射することで、より緻密で高い相対密度を有する積層造形物1を製造できることが見出されている。

[0048] [数1]

$$E = P \div (v \times s \times d) \cdots (1)$$

[0049] 本発明者の研究によれば、金属粉末を用いて積層造形物1を緻密に製造するためのレーザ光の最適な照射条件として、例えば金属粉末における珪素含有量が4質量%の場合にはエネルギー密度Eが好ましくは50J/mm³以上140J/mm³以下（さらに好ましくは87J/mm³程度）であり、珪素含有量が7質量%の場合にはエネルギー密度Eが好ましくは35J/mm³以

上 115 J/mm^3 以下（さらに好ましくは 52 J/mm^3 程度）であり、珪素含有量が 10 質量%の場合にはエネルギー密度 E が好ましくは 30 J/mm^3 以上 90 J/mm^3 以下（さらに好ましくは 62 J/mm^3 程度）である。したがって、アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素を 10 質量%未満（マグネシウムを含有しない場合には 10 質量%以下）含有する金属粉末を用いて、積層造形物 1 を緻密に製造するためのレーザ光のエネルギー密度 E としては、 30 J/mm^3 以上 140 J/mm^3 以下であることが好ましく、 50 J/mm^3 以上 90 J/mm^3 以下であることがさらに好ましい。

[0050] 次に、上述した金属粉末を用いた積層造形により製造される積層造形物 1 について説明する。積層造形物 1 は、アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素を 10 質量%未満（マグネシウムを含有しない場合には 10 質量%以下）含有する珪素含有アルミニウム合金により構成され、複数のブロック体 2 が積層一体化されてなるものである。

[0051] 積層造形物 1 は、その物性として、まず、理論密度に対する相対密度が 97% 以上である。ここで、合金の理論密度は、同じ組成を有する空隙欠陥のない緻密な溶製材の密度を示し、相対密度は、積層造形物の実測密度を合金の理論密度で除した値の百分率を示す。積層造形物の実測密度は、例えばアルキメデス法により測定することができる。アルキメデス法による密度測定は、「JIS Z 2501：焼結金属材料－密度、含油率及び開放気孔率試験方法」に準拠して行うことができる。相対密度は、積層造形物の機械強度、延性及び熱伝導性の向上のためには、高いほど望ましく、 99% 以上であることが好ましく、 99.5% 以上であることがさらに好ましい。

[0052] また、本発明に係る積層造形物 1 は、機械強度として、引張強さが 115 MPa 以上である。引張強さは、次の手順で測定することができ、測定には、「JIS B 7721：引張試験機・圧縮試験機－力計測系の校正方法及び検証方法」に基づく等級 1 級以上の引張試験装置を使用する。まず、図 10 に示すダンベル状の試験片 3 を製造し、この試験片 3 を引張試験装置を用いて 1 mm/min の速度で破断するまで引っ張り、破断するまでに現れ

る最大引張応力を測定する。このとき、引張試験装置の治具は、試験片 3 の把持部 5 を掴み、試験片 3 の軸方向に力が加わるように調整する。そして、最大引張応力を本体部 4 の断面積 ($= \pi \times D_1 \times D_1 \div 4$) で除することにより、引張強さを測定することができる。なお、試験片 3 の各部の寸法は以下の通りである。

[0053] ・試験片 3 の全長 L : 38 mm

・本体部 4 の長さ L_1 : 18 mm

・本体部 4 の直径 D_1 : 3.5 mm

・肩部 6 の半径 R : 10 mm

・把持部 5 の長さ L_2 : 4.0 mm

・把持部 5 の直径 D : 6.0 mm

[0054] 引張強さは、上述した試験片 3 の軸方向が、積層造形物 1 のブロック体 2 の積層方向と一致する鉛直方向となる場合、及び、前記積層方向と垂直をなす水平方向となる場合の少なくとも一方の場合において 115 MPa 以上であればよいが、いずれの場合についても 115 MPa 以上であることが好ましい。このように、引張強さが 115 MPa 以上であることで、上述した熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品などに用いられても、十分に実用に耐えられる程度の機械強度が担保されている。

[0055] また、本発明に係る積層造形物 1 は、延性として、破断伸びが 13 % 以上であり、15 % 以上であることがより好ましい。破断伸びは、次の手順で測定することができる。上述した引張試験用の試験片 3 の本体部 4 に、軸方向での間隔が約 12 mm となるように 2 つの標点を付す。この 2 つ標点の間の実際の距離を計測して、初期の標点間距離とする。そして、試験片 3 について上述した引張試験を実施した後、試験片 3 の両破断片の中心線が一直線上になるように注意しながら破断面を突き合わせて、破断後の標点間距離を測定する。破断伸びは、この破断後の標点間距離と初期の標点間距離との差を初期の標点間距離で除した百分率として表される。

[0056] 破断伸びは、上述した試験片 3 の軸方向が、積層造形物 1 のブロック体 2

の積層方向と一致する鉛直方向となる場合、及び、前記積層方向と垂直をなす水平方向となる場合の少なくとも一方の場合において13%以上であればよいが、いずれの場合についても13%以上であることが好ましい。このように、破断伸びが13%以上であることで、上述した自動車及び航空機の各種部品などに用いられても、十分に実用に耐えられる程度の延性が担保されている。

[0057] また、本発明に係る積層造形物1は、熱伝導性として、熱伝導率が $120\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、 $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上あることがより好ましい。熱伝導率は、直径10mm、厚み3mmの円板状の試験板（図示せず）を例えば市販の熱物性測定装置を用いて、「JIS H 7801-2005 金属のレーザフラッシュ法による熱拡散率の測定方法」に準拠した方法により測定することができる。

[0058] 熱伝導率は、上述した試験板の径方向が、積層造形物1のブロック体2の積層方向と一致する鉛直方向となる場合、及び、前記積層方向と垂直をなす水平方向となる場合の少なくとも一方の場合において $120\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であればよいが、いずれの場合についても $120\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることが好ましい。このように、熱伝導率が $120\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることで、上述した熱制御部品などに用いられても、十分に性能を発揮できる程度の熱伝導性が担保されている。

[0059] また、本発明に係る積層造形物1は、積層造形による製造方法に由来する、溶融した合金が凝固して形成される微細な略柱状組織（セル）が緻密に集合した金属組織からなり、セルは、積層造形物1のブロック体2の積層方向に沿うように成長し、前記積層方向と垂直をなす水平方向に配列されている。セルは、積層造形物1のブロック体2の積層方向に垂直な断面における平均粒径が $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。このように、微細なセルが緻密に3次元配列されていることで、積層造形物1の機械強度が向上されており、上述した熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品に用いられても、十分に実用に耐えられる程度の機械強度が確保されている。

[0060] なお、セルの平均粒径は、次の手順で測定することができる。まず、適当な大きさの円柱状の試験片を準備し、積層造形物 1 のブロック体 2 の積層方向と垂直な水平断面を鏡面仕上げに研磨した後、ケラー氏液によりエッチングしてミクロ金属組織を現出し、図 1 1 に示すように、走査電子顕微鏡（SEM）を用いて 10,000 倍に拡大して金属組織を撮影する。そして、例えば図 1 1 に示すように、金属組織の写真上で、任意に直線（測定長で 5 μ m 以上）を引いた後、その直線が横切るセルの数をカウントし、直線の長さをセルの数で除した値をその直線における部分平均粒径とする。直線の始点及び終点がセル内にある場合は、それぞれセルの数を 0.5 個としてカウントする。少なくとも直線を 5 本引いて同様に部分平均粒径を測定し、各直線の部分平均粒径の平均値を算出することにより、セルの平均粒径を測定することができる。なお、観察位置は、レーザ光などの熱源の走査痕の中心部付近（溶融境界から十分に離れた位置）とする。図 1 1 において、実際にセルの平均粒径を測定した結果を、以下の表 1 に示す。

[0061] [表 1]

No.	直線長さ (μ m) A	セルの数 (個) B	部分平均粒径 (μ m) C=A/B	平均粒径 (μ m) D=C/本数
1	5	8	0.625	0.510
2	5	12	0.417	
3	5	10	0.500	
4	5	9	0.556	
5	5	11	0.455	

[0062] 以上のように、本発明に係る積層造形物 1 によると、機械強度、延性、熱伝導性の両立を期待でき、かつ、軽量であるため、熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品に好適に適用することができる。

[0063] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

実施例 1

[0064] 以下に実施例を掲げて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明は以下の実施例のみに限定されない。

[0065] 金属粉末として、珪素（Si）の含有量を変化させたAl-Si系合金粉末を用いて積層造形により円柱状の積層造形物（直径8mm×高さ15mm）を製造した。Al-Si系合金粉末は、ガスアトマイズ法により作製した。各Al-Si系合金粉末の組成は以下の表2に示す通りである。

[0066]

[表2]

金属粉末	実例番号	金属粉末の 平均粒子径 (μm)	組成(質量%)							
			Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
Al - 0 mass%Si	Al-0Si	22.5	<0.01	0.12	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	Bal.
Al - 1 mass%Si	Al-1Si	22.5	<0.01	0.14	1.02	<0.01	0.01	0.01	<0.01	Bal.
Al - 4 mass%Si	Al-4Si	22.1	<0.01	0.12	4.07	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	Bal.
Al - 7 mass%Si	Al-7Si	21.5	<0.01	0.12	7.13	<0.01	<0.01	0.01	0.01	Bal.
Al - 10 mass%Si	Al-10Si	21.4	<0.01	0.11	10.38	<0.01	<0.01	0.01	0.01	Bal.
Al - 12 mass%Si	Al-12Si	22.8	<0.01	0.11	12.47	<0.01	0.01	<0.01	0.01	Bal.
Al - 20 mass%Si	Al-20Si	22.2	<0.01	0.10	20.07	<0.01	0.01	<0.01	0.01	Bal.

[0067] また、金属粉末として、マグネシウム (Mg) を添加しかつ珪素 (Si) の含有量を変化させた Al-Si-Mg 系合金粉末を用いて積層造形により円柱状の積層造形物 (直径 8 mm×高さ 15 mm) を製造した。Al-Si-Mg 系合金粉末は、ガスアトマイズ法により作製した。各 Al-Si-Mg 系合金粉末の組成は以下の表 3 に示す通りである。

[0068]

[表3]

金属粉末	实例番号	金属粉末の 平均粒子径 (μm)	Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
組成(質量%)										
Al - 4 mass%Si -0.3 mass%Mg	Al-4Si-0.3Mg	25.1	<0.01	0.12	4.03	<0.01	0.32	<0.01	<0.01	Bal.
Al - 7 mass%Si -0.3 mass%Mg	Al-7Si-0.3Mg	23.2	<0.01	0.16	7.12	<0.01	0.29	<0.01	0.01	Bal.
Al - 10 mass%Si -0.3 mass%Mg	Al-10Si-0.3Mg	25.6	<0.01	0.16	9.93	<0.01	0.34	<0.01	0.01	Bal.

[0069] なお、積層造形時のAl-Si系合金粉末及びAl-Si-Mg系合金粉末に対するレーザ光走査装置によるレーザ光の照射条件は以下の通りである。

。

- ・レーザの種類：Ybファイバーレーザ（スポット径：約0.1mm、波長：約1.07 μ m）
- ・レーザの出力：400W以下
- ・走査速度：200mm/s～3000mm/s
- ・走査ピッチ：0.08mm～0.18mm
- ・積層ピッチ：0.03mm

[0070] 各Al-Si系合金粉末及び各Al-Si-Mg系合金粉末から製造された積層造形物の相対密度、破断伸び、熱伝導率及び引張強さを測定した。その結果は、以下の表4、図12～図15に示す通りである。

[0071]

[表4]

金属粉末の組成 (質量%)	相対密度 (%)	破断伸び (%)		熱伝導率 (W/m・K)		引張強さ (MPa)		エネルギー密度 (J/mm ³)
		鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	
Al-0Si	99.84	29.0	30.1	209	201	106	110	77.1
Al-1Si	96.91	9.5	0.4	181	129	113	28	111.1
Al-4Si	99.96	20.9	22.0	157	158	244	247	86.8
Al-7Si	99.97	14.2	17.4	140	127	353	349	52.1
Al-10Si	99.96	12.5	13.3	120	116	434	421	62.5
Al-12Si	99.99	6.6	12.3	127	113	463	468	46.3
Al-20Si	99.75	1.3	3.6	105	105	564	587	52.1
Al-4Si-0.3Mg	99.85	15.1	20.6	156	158	291	291	89.3
Al-7Si-0.3Mg	99.75	13.0	17.5	138	125	395	383	59.5
Al-10Si-0.3Mg	99.90	10.4	12.7	116	115	471	453	55.6

[0072] また、各Al-Si系合金粉末及び各Al-Si-Mg系合金粉末から製造された積層造形物のブロック体の積層方向と垂直な水平断面の金属組織を光学顕微鏡（OM）で撮影した写真を図16及び図17に示す。なお、比較

例として、 Al-Si-Mg 系合金粉末 (Al-7Si-0.3Mg) を金型を用いて鋳造により同サイズの円柱状とした鋳造材について、同様に水平断面の金属組織を光学顕微鏡 (OM) で撮影した写真を図 18 に示すとともに、引張強さ及び破断伸びを測定した結果、引張強さが 230 MPa であり、破断伸びが 5.2 % であった。

[0073] さらに、各 Al-Si 系合金粉末及び各 Al-Si-Mg 系合金粉末から製造された積層造形物の金属組織を走査電子顕微鏡 (SEM) で撮影した写真を図 19 及び図 20 に示す。なお、上段がブロック体の積層方向と垂直な水平断面であり、下段がブロック体の積層方向と平行な垂直断面である。

[0074] 以上の結果によると、まず、図 16 及び図 17 に示されるように、珪素の含有量が 1 質量% よりも大きく 10 質量% 以下の金属粉末で製造された積層造形物では、97 % 以上の高い相対密度を有しかつ欠陥のほとんどない金属組織とすることができ、図 19 及び図 20 に示されているように、この金属組織は平均粒径が $1.0 \mu\text{m}$ 以下の微細な略柱状セルが緻密に集合することで形成されていて、図 18 に示す同じような組成の合金を鋳造した場合と比較すると、明らかに超微細組織で形成されていて、機械強度 (引張強さ) が大幅に向上していることが確認できた。そのうえ、表 4 から明らかなように、延性 (破断伸び) も向上していることが確認できた。よって、珪素の含有量が 1 質量% よりも大きく 10 質量% 以下の金属粉末で製造された積層造形物は、熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品などに用いられても、実用に良好に耐えられる程度の十分高い機械強度を実現しているとともに、十分高い延性も実現していることが確認された。

[0075] また、表 4 から明らかなように、珪素の含有量が 1 質量% よりも大きく 10 質量% 以下の金属粉末で製造された積層造形物は、熱伝導率が $120 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上と高い値を示しており、熱制御部品などに用いられても、十分な性能を発揮できる程度の熱伝導性を実現していることが確認された。

[0076] このように、珪素の含有量が 1 質量% よりも大きく 10 質量% 以下の金属粉末で製造された積層造形物は、機械強度、延性、熱伝導性の両立を実現で

き、かつ、軽量であるため、熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品に好適に適用可能であることが確認された。

[0077] さらに、マグネシウムを含有しない金属粉末で製造された積層造形物は、表4から明らかなように、マグネシウムを含みかつ珪素が同質量%含まれている積層造形物との比較で、機械強度（引張強さ）は若干低下しているが、十分に実用に耐えられる機械強度を確保している一方で、延性及び熱伝導性が向上していることが確認された。よって、マグネシウムを含有しない金属粉末で製造された積層造形物は、さらに高い延性及び熱伝導性を実現でき、熱制御部品や自動車及び航空機の各種部品により好適に適用可能であることが確認された。

符号の説明

[0078] 1 積層造形物
 2 ブロック体
 M 金属粉末層

請求の範囲

- [請求項1] アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい積層造形用の金属粉末。
- [請求項2] 珪素及びマグネシウムを合計で7質量%以下含有する請求項1に記載の積層造形用の金属粉末。
- [請求項3] 珪素を4質量%以上含有する請求項2に記載の積層造形用の金属粉末。
- [請求項4] マグネシウムを含有しない請求項1～3のいずれかに記載の積層造形用の金属粉末。
- [請求項5] アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で10質量%以下含有し、珪素の含有量が1質量%よりも大きい積層造形用の金属粉末を敷き詰めて金属粉末層を形成する第1工程と、
 前記金属粉末層の所定領域の金属粉末を溶融及び凝固させることで、ブロック体を造形する第2工程と、を備え、
 前記第1工程による前記金属粉末層の形成及び前記第2工程による前記ブロック体の造形を繰り返すことにより、複数の前記ブロック体が積層一体化された積層造形物を製造する積層造形物の製造方法。
- [請求項6] 珪素及びマグネシウムを合計で7質量%以下含有する請求項5に記載の積層造形物の製造方法。
- [請求項7] 珪素を4質量%以上含有する請求項6に記載の積層造形物の製造方法。
- [請求項8] マグネシウムを含有しない請求項5～7のいずれかに記載の積層造形物の製造方法。
- [請求項9] 前記第2工程では、前記金属粉末層の所定領域の金属粉末にレーザー光を照射して、レーザー光照射部の金属粉末をブロック体に造形しており、
 レーザー光のエネルギー密度が 30 J/mm^3 以上 140 J/mm^3

以下である請求項 5 に記載の積層造形物の製造方法。

[請求項10] レーザ光のエネルギー密度が $50 \text{ J} / \text{mm}^3$ 以上 $90 \text{ J} / \text{mm}^3$ 以下である請求項 9 に記載の積層造形物の製造方法。

[請求項11] アルミニウムを主成分として含有しかつ珪素及びマグネシウムを合計で 10 質量%以下含有し、珪素の含有量が 1 質量%よりも大きい珪素含有アルミニウム合金から構成され、

複数のブロック体が積層一体化されてなり、

前記珪素含有アルミニウム合金の理論密度に対する相対密度が 97 %以上であり、

熱伝導率が $120 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上であり、

破断伸びが 13 %以上である積層造形物。

[請求項12] 前記珪素含有アルミニウム合金の理論密度に対する相対密度が 99 %以上である請求項 11 に記載の積層造形物。

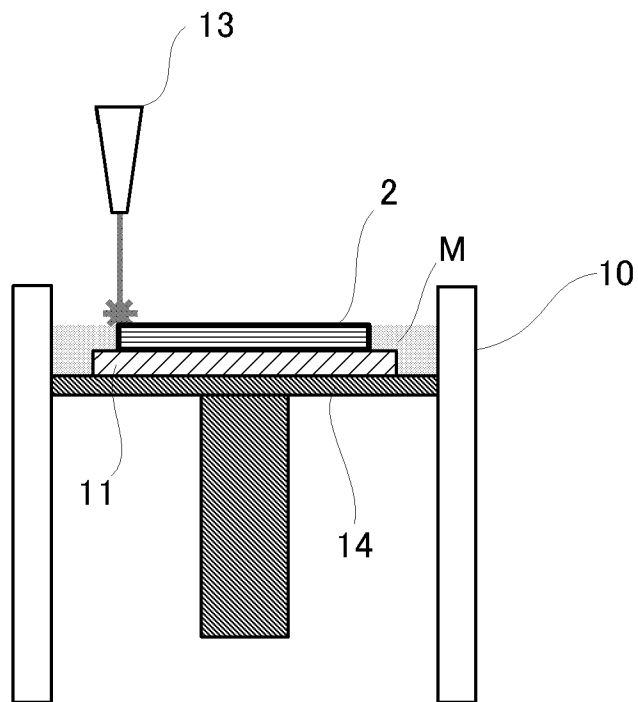
[請求項13] 熱伝導率が $140 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上である請求項 11 に記載の積層造形物。

[請求項14] 破断伸びが 15 %以上である請求項 11 に記載の積層造形物。

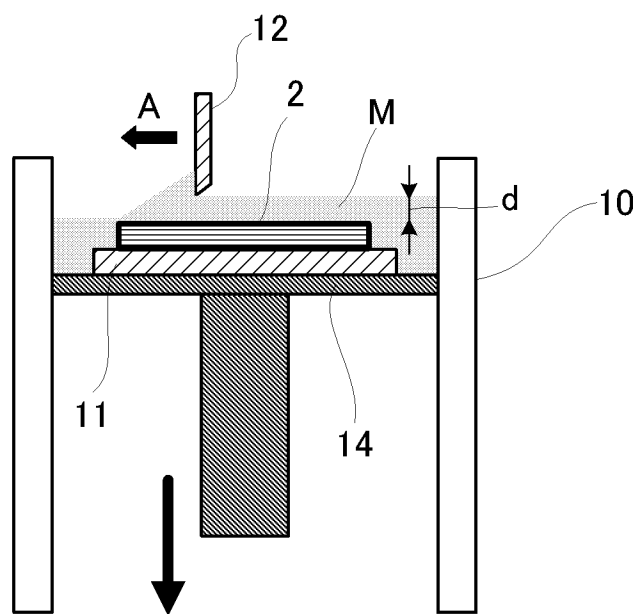
[請求項15] 前記珪素含有アルミニウム合金がマグネシウムを含有しない請求項 11 に記載の積層造形物。

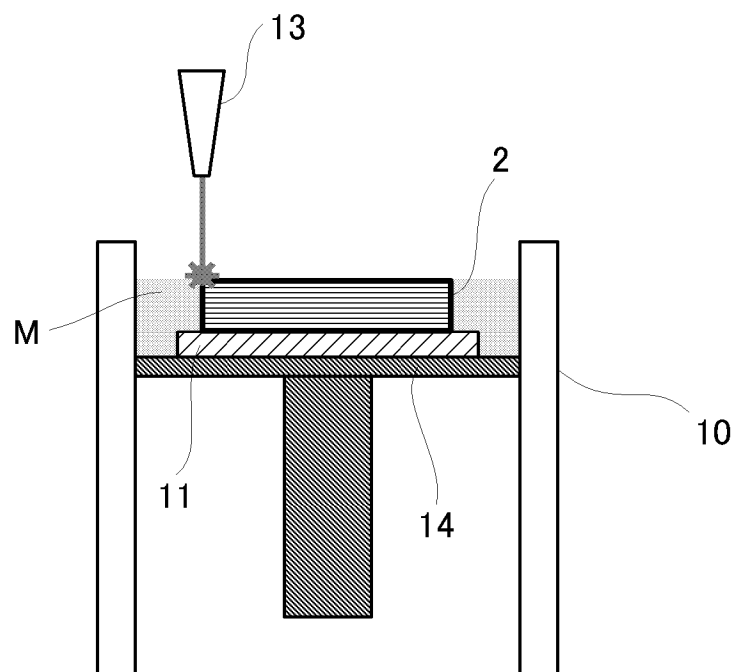
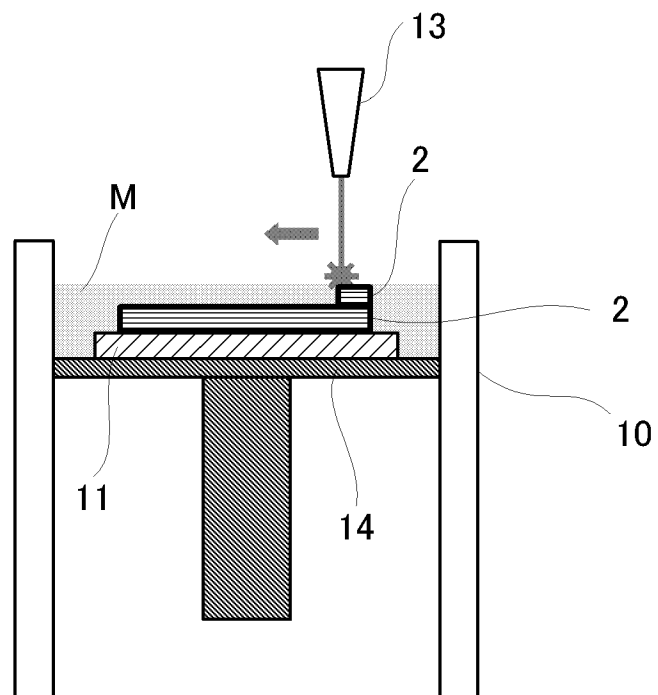
[請求項16] 前記ブロック体の積層方向に垂直な断面におけるセルの平均粒径が $1.0 \mu\text{m}$ 以下である請求項 11 に記載の積層造形物。

[図3]

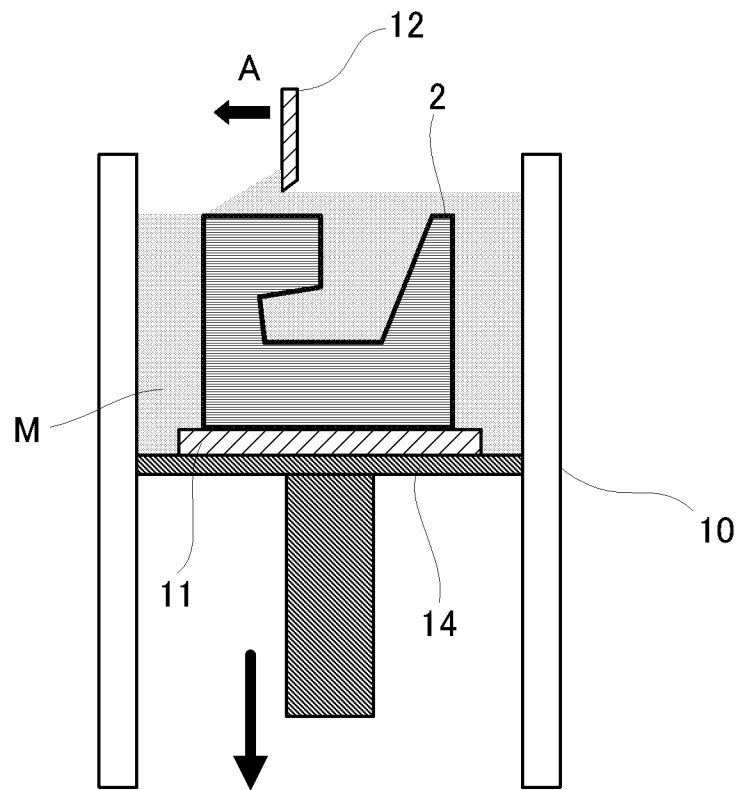


[図4]

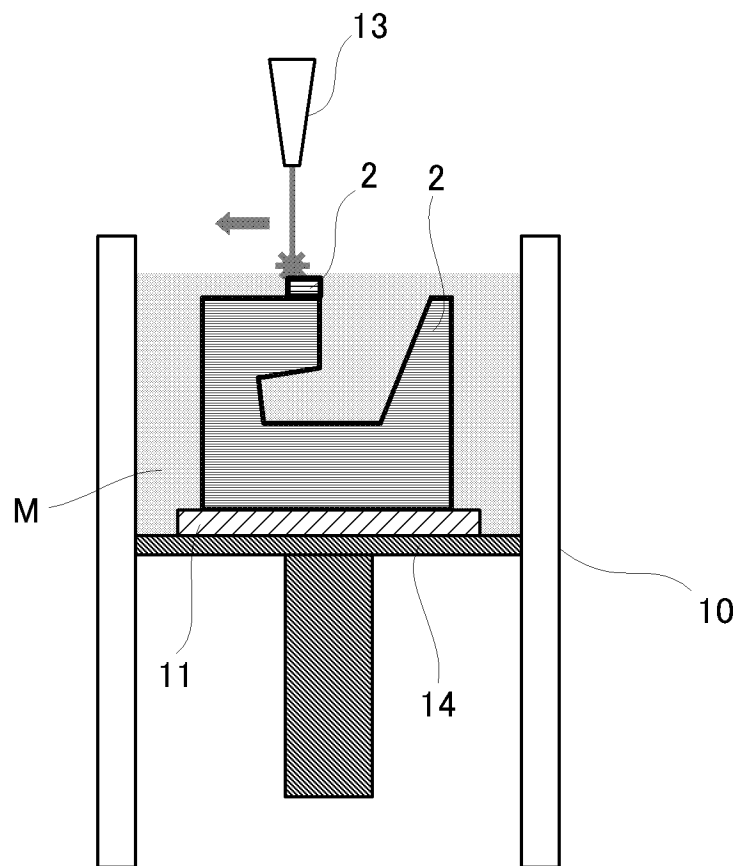




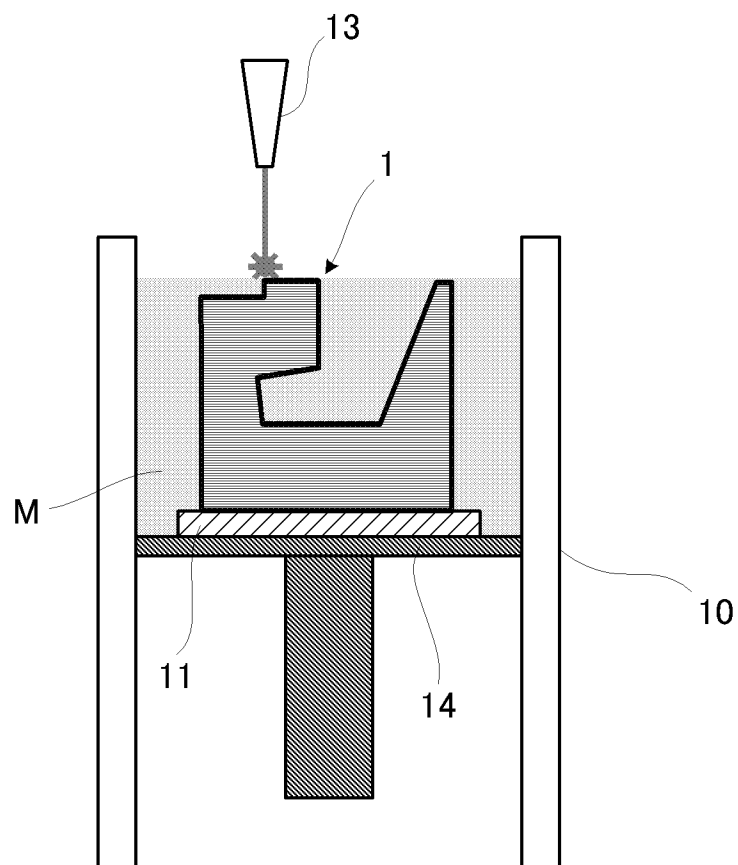
[図7]



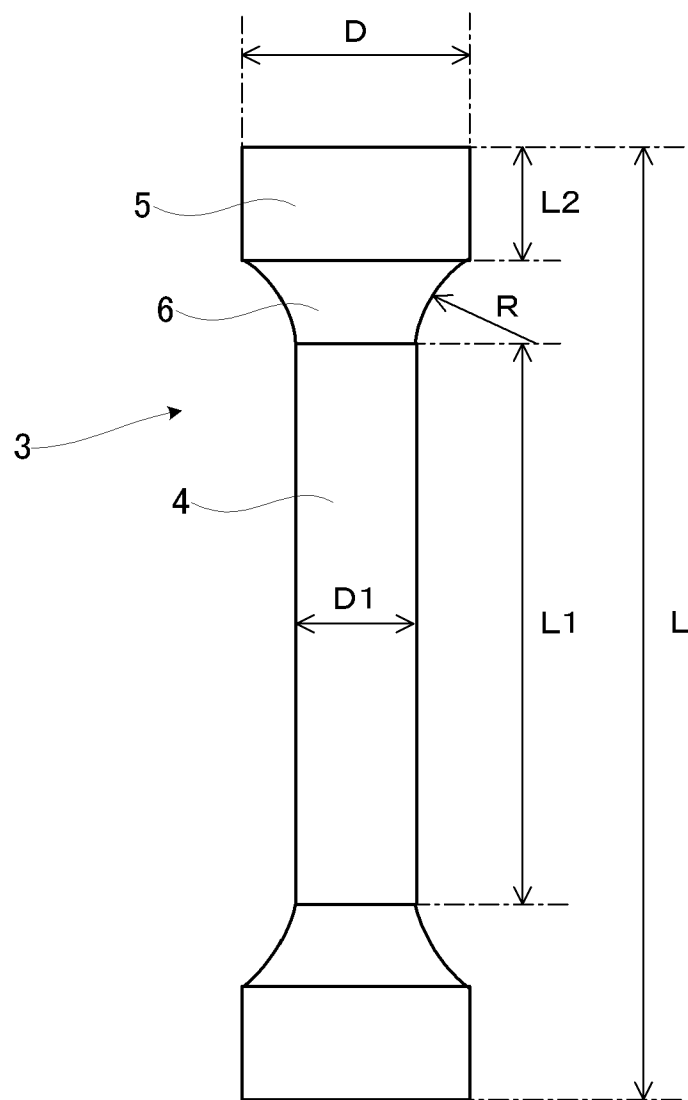
[図8]



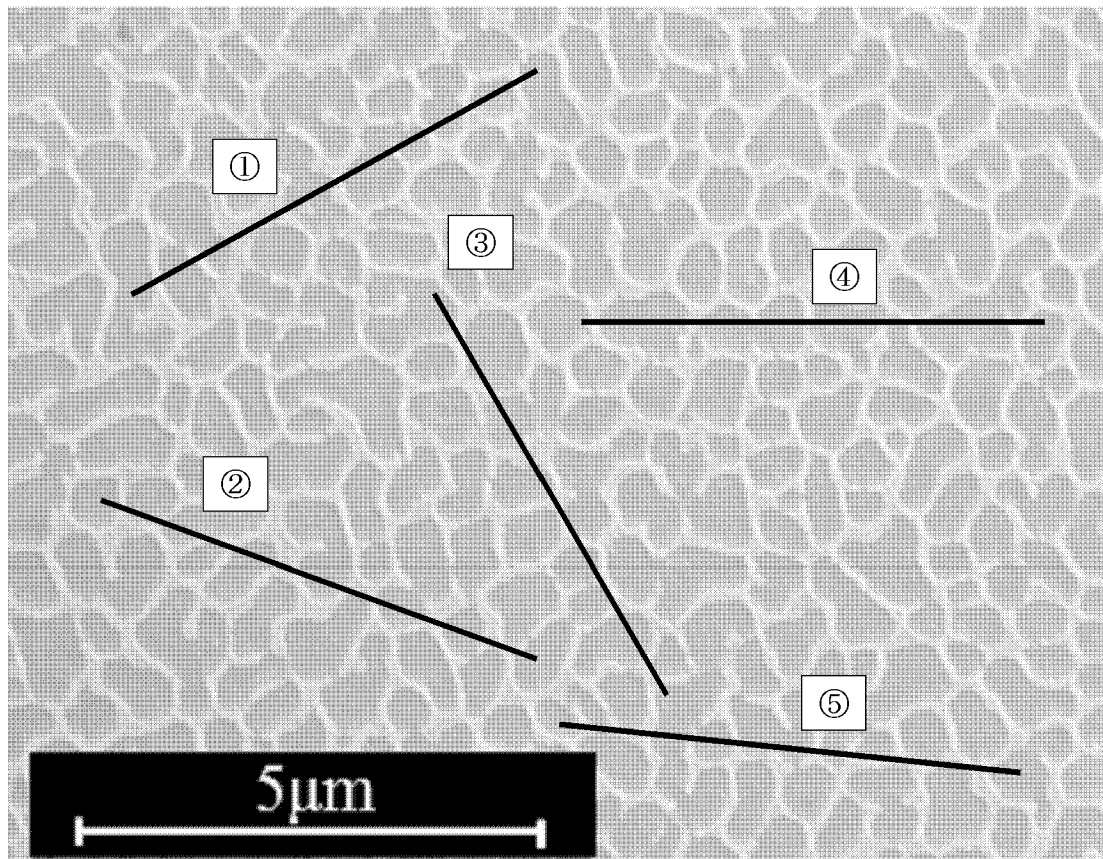
[図9]



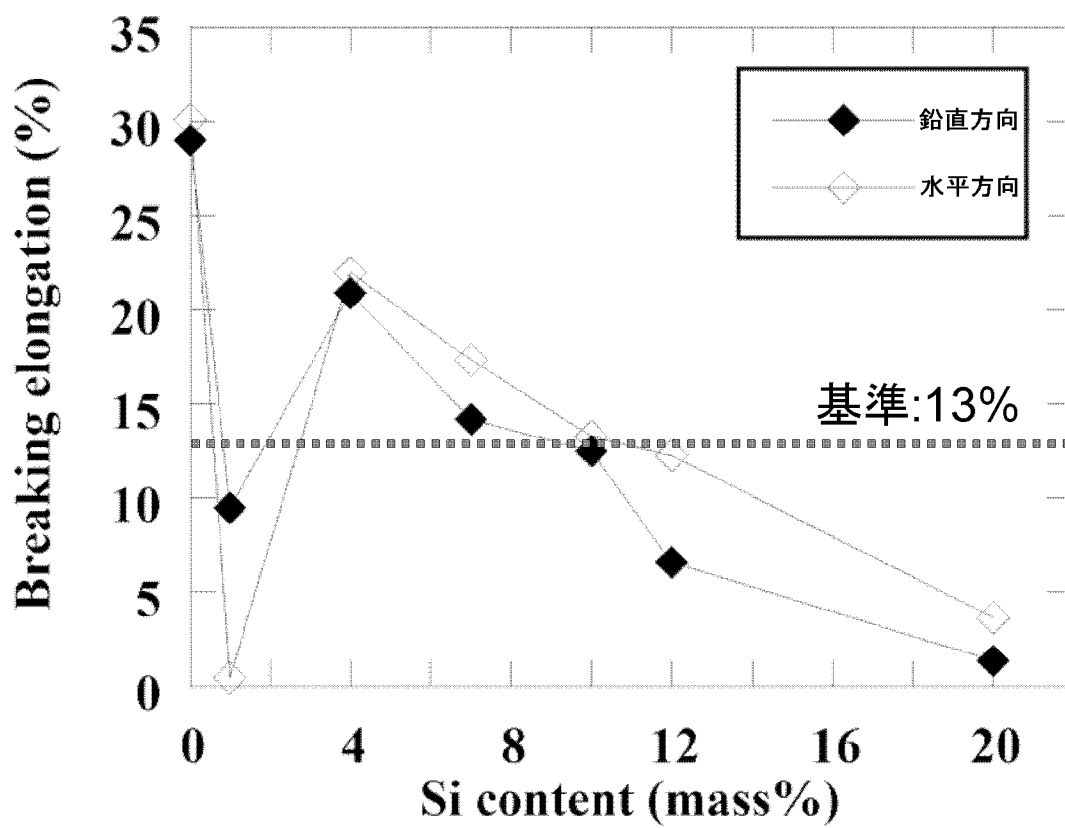
[図10]



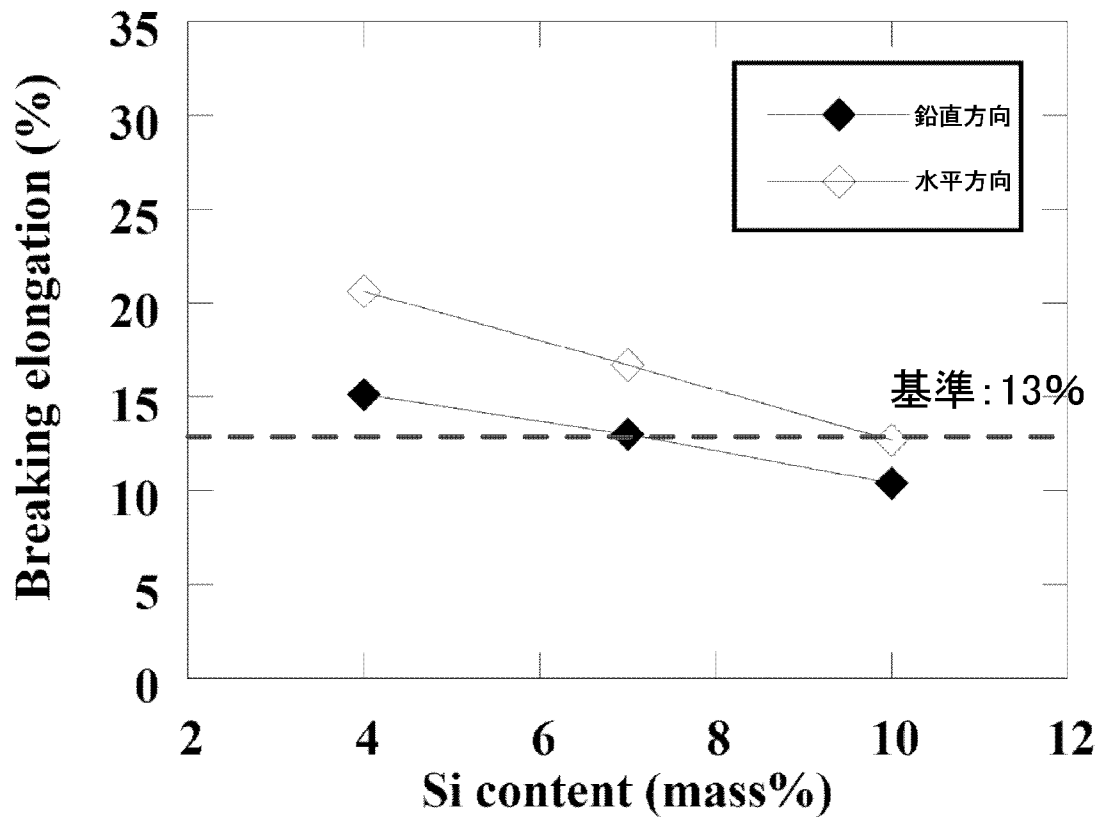
[図11]



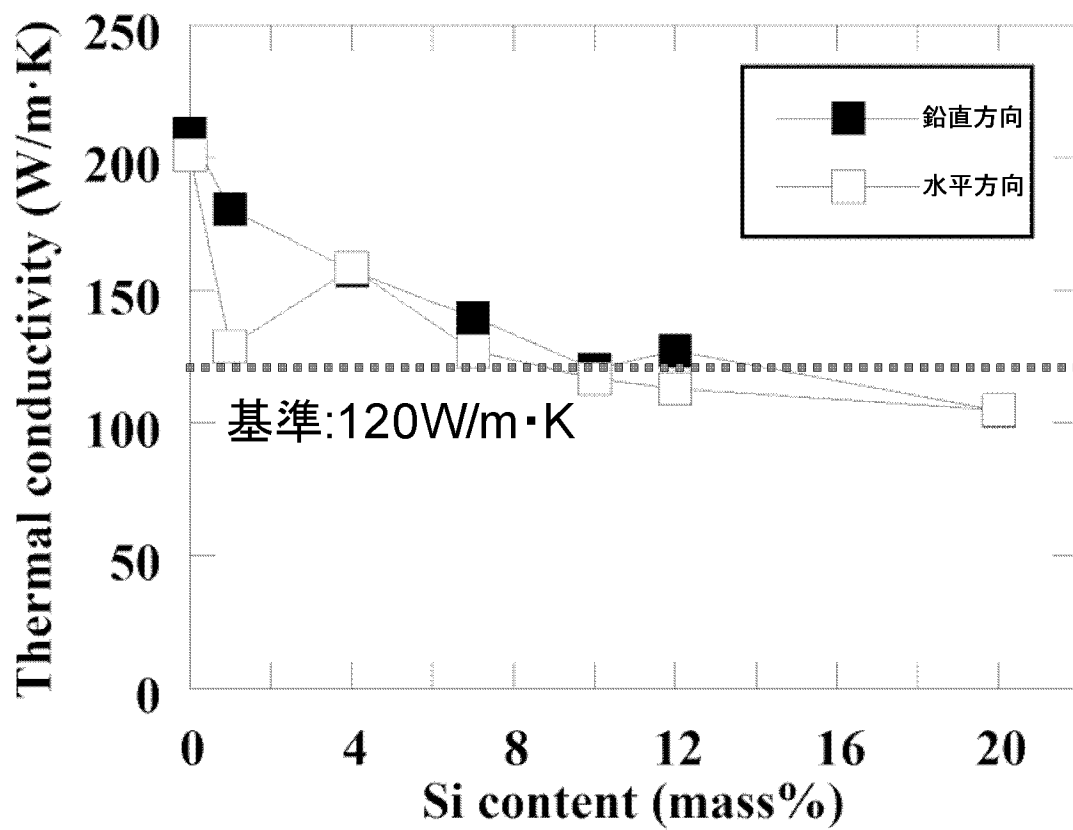
[図12]



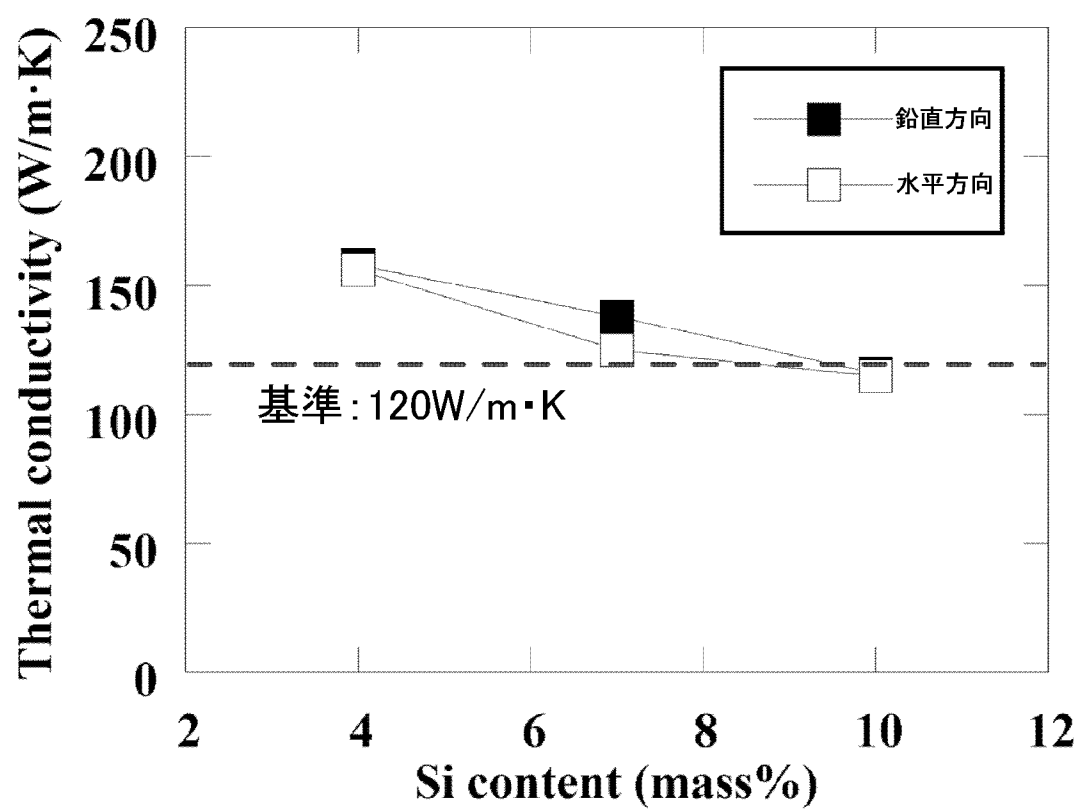
[図13]



[図14]

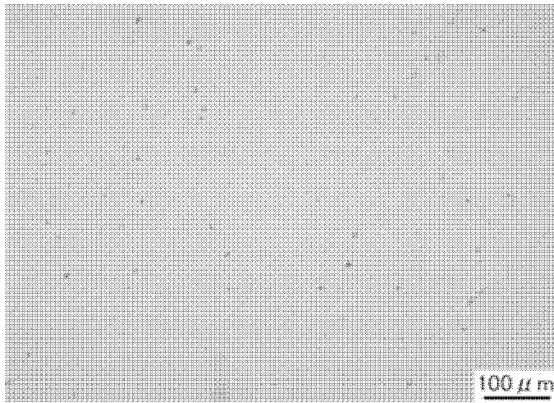


[図15]

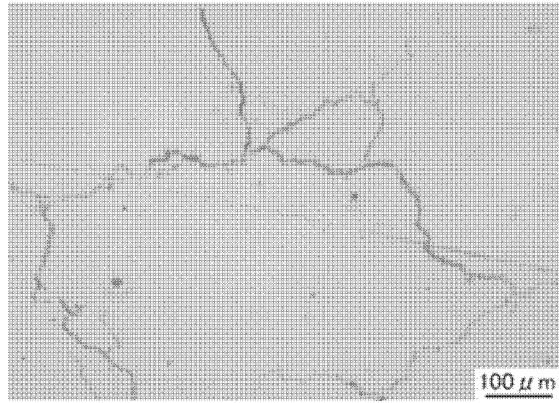


[図16]

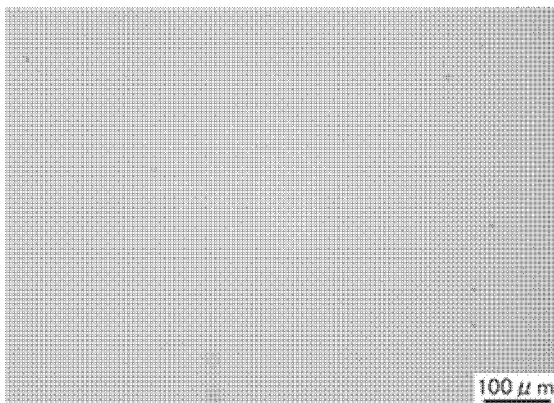
(a) Al-0Si



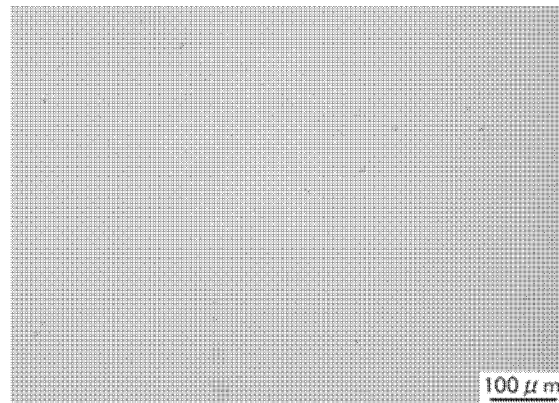
(b) Al-1Si



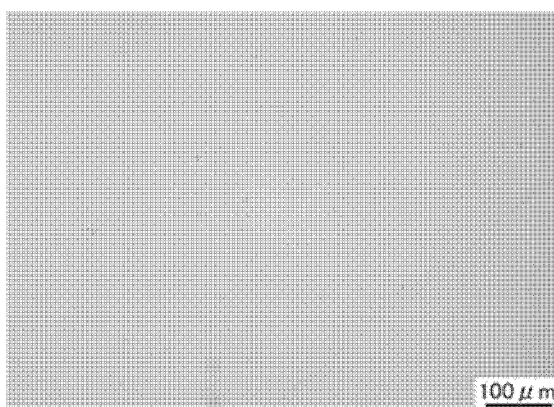
(c) Al-4Si



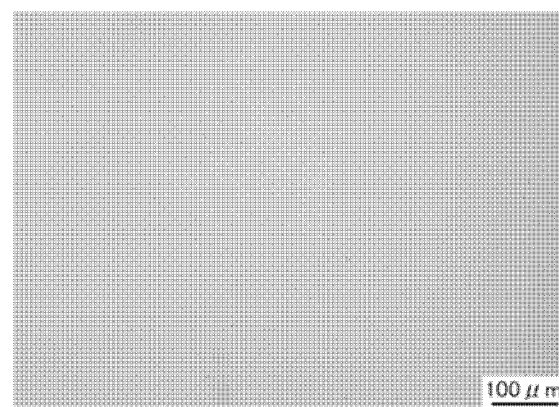
(d) Al-7Si



(e) Al-10Si

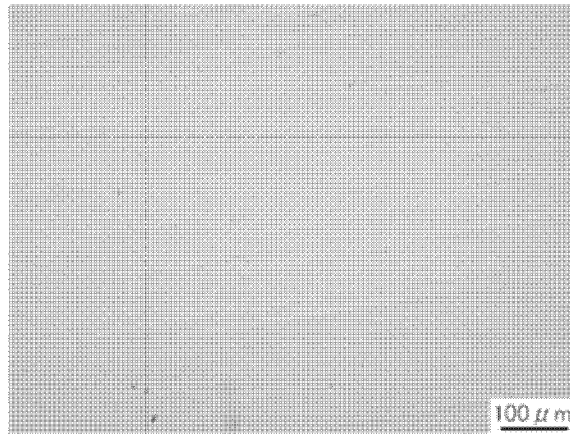


(f) Al-12Si

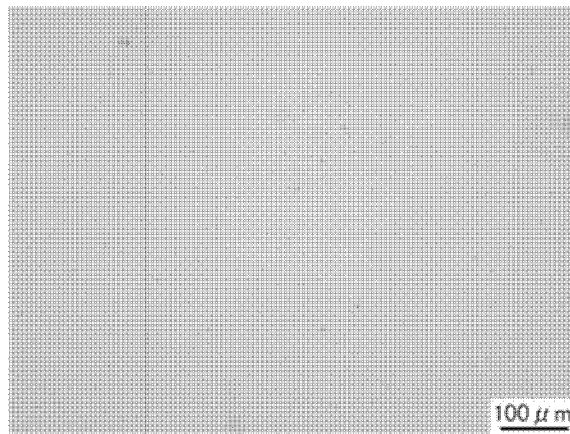


[図17]

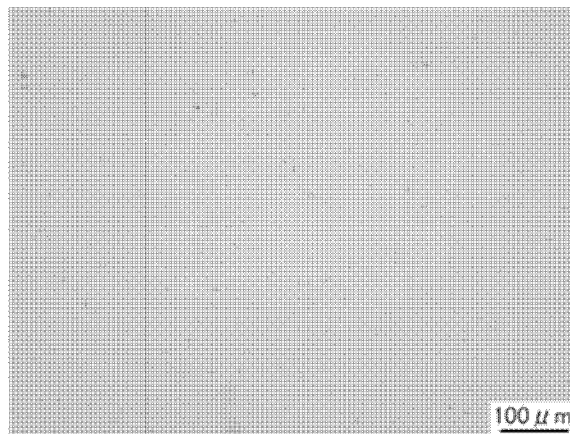
(a) Al-4Si-0.3Mg



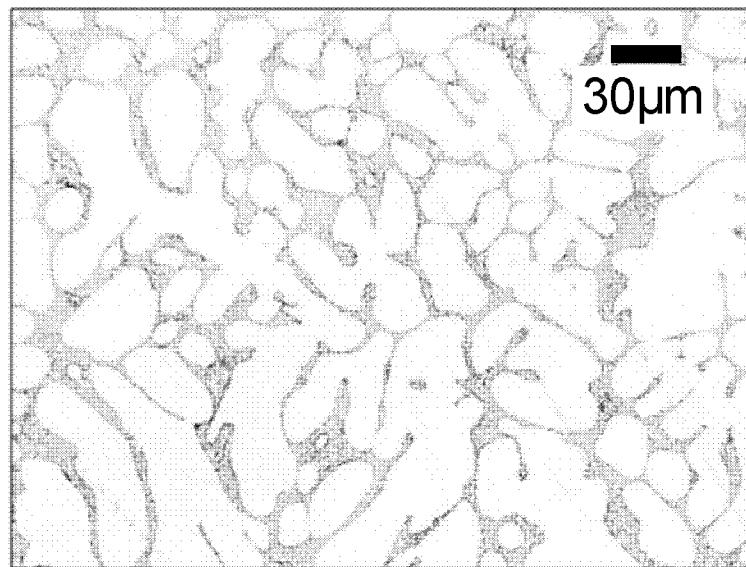
(b) Al-7Si-0.3Mg



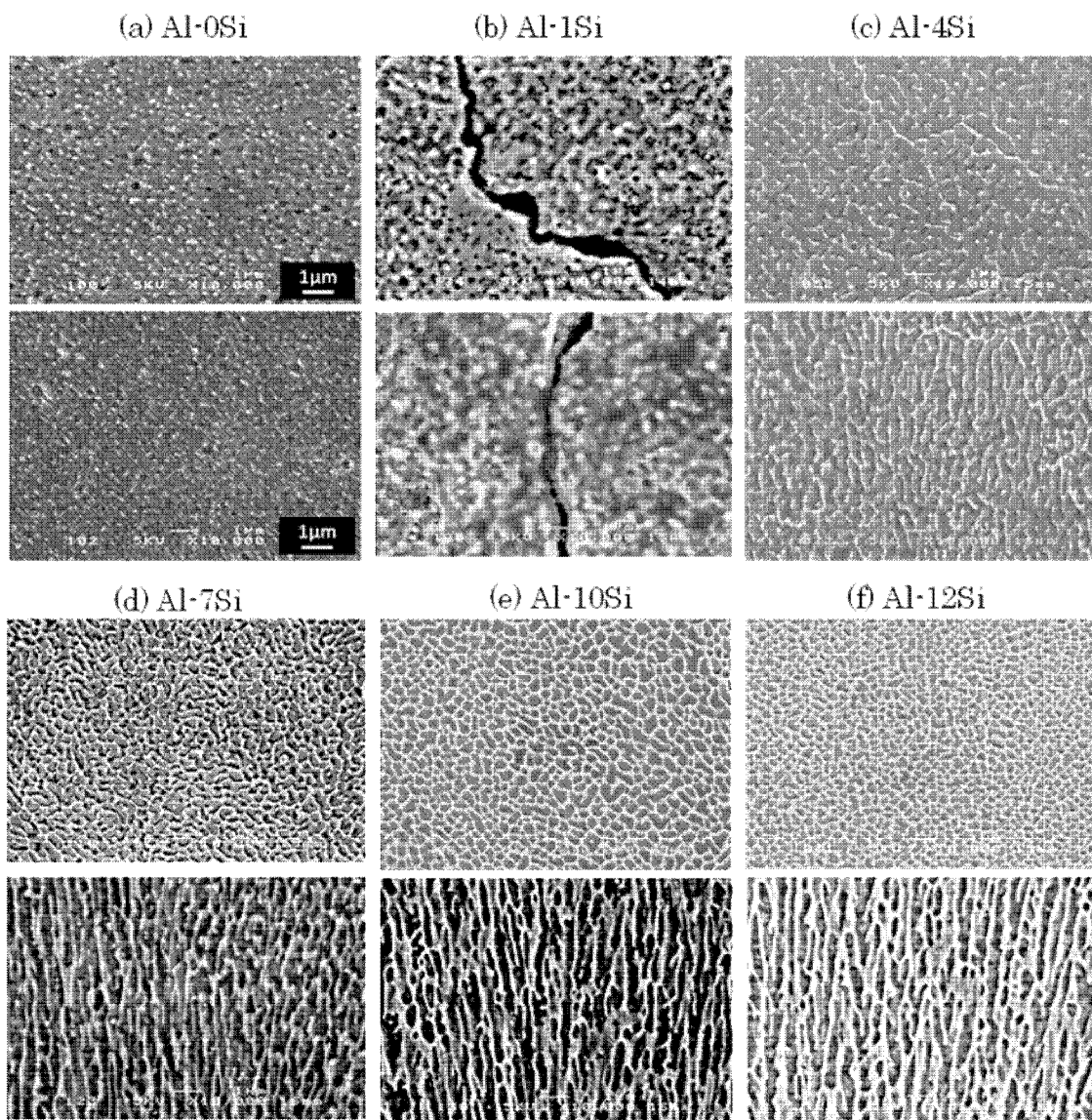
(c) Al-10Si-0.3Mg



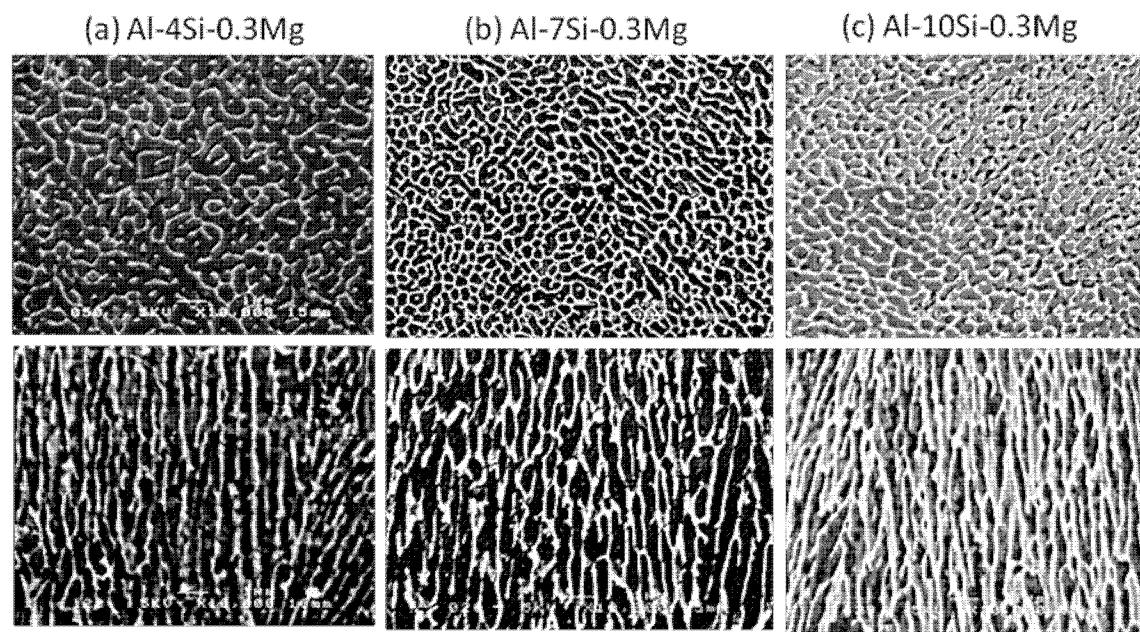
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F1/00(2006.01)i, B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, C22C21/02(2006.01)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)

B22F1/00, B22F3/105, B22F3/16, C22C21/02

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.
X	JP 2016-053198 A (Koiwai Co., Ltd.), 14 April 2016 (14.04.2016), claims; paragraph [0001]; table 1 (Family: none)	1-16
X	US 2016/0138400 A1 (ALCOA INC.), 19 May 2016 (19.05.2016), claims; paragraph [0008]; table 1 & WO 2016/081348 A1 claims; paragraph [0007]; table 1	1-16

☐ 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
08 August 2016 (08.08.16)

Date of mailing of the international search report
16 August 2016 (16.08.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B22F1/00(2006.01)i, B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, C22C21/02(2006.01)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. B22F1/00, B22F3/105, B22F3/16, C22C21/02

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
X	JP 2016-053198 A (株式会社コイワイ) 2016.04.14, 特許請求の範囲、第0001段落、表1 (ファミリーなし)	1-16
X	US 2016/0138400 A1 (ALCOA INC.) 2016.05.19, claims, paragraph0008, table1 & WO 2016/081348 A1, claims, paragraph0007, table1	1-16

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

08.08.2016

国際調査報告の発送日

16.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

米田 健志

4 X

8 9 2 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3477