



MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

は、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金および黒鉛からなる群から選ばれる1種類以上の粉末とを含んで成り、鉄系粉末が焼き鈍し処理されていることを特徴とする金属粉末である。かかる金属粉末では鉄系粉末が焼き鈍し処理されて軟らかくなっている。従って、かかる金属粉末を金属光造形に用いると、得られる造形物の表面に付着する金属粉末に起因する切削抵抗が小さくなり、切削工具の寿命を延ばすことができる。

明 細 書

金属光造形用金属粉末およびそれを用いた金属光造形法

技術分野

[0001] 本発明は、金属光造形に用いる金属粉末に関する。より詳細には、本発明は、光ビームを照射して三次元形状造形物を得る金属光造形に用いられる金属粉末に関する。

背景技術

[0002] 従来から、(1)金属粉末から成る粉末層に光ビーム(例えばレーザー光のような指向性エネルギービーム)を照射して焼結層を形成し、(2)得られた焼結層の上に新たな粉末層を敷いて光ビームを照射して更に焼結層を形成する、ことを繰り返して三次元形状造形物を製造する金属光造形技術が知られている。この技術によれば、複雑な三次元形状造形物を短時間で製造することができる。特に、エネルギー密度の高い光ビームを照射することにより金属粉末を完全に溶融させた後に固化させることにより、焼結密度をほぼ100%の状態にできる。この高密度の造形物は、その表面を仕上げ加工して滑らかな面とすることにより、プラスチック成形用金型などに適用することができる。

[0003] しかし、このような金属光造形の原料として用いられる金属粉末は、圧縮成形してから焼結するような他の粉末焼結に用いられる金属粉末とは異なった特性が必要である。

[0004] 例えば、金属粉末の粒子径は、光ビームが照射される粉末層の厚みよりも小さくする必要があり。粒子径が小さいと、粉末の充填密度が高くなり、造形時の光ビーム吸収率も良いので焼結密度を高くすることができると共に、得られる造形物の表面粗さを小さくすることができる。その一方で、粒子径が小さすぎると、金属粉末の凝集が引き起こされ、粉末の充填密度は小さくなり、粉末層を薄く均一に敷けなくなってしまう。

[0005] 造形物の強度を高くするためには、形成する新たな焼結層と、その下層にある固化している焼結層との接合面積が広く、かつ、その密着強度が高くなければならないと同時に、隣接する固化している焼結層との接合面積も広く、密着強度が高い必要が

ある。

[0006] また、新たな焼結層の上面があまり大きく盛り上がってはならない。盛り上がり量が粉末層の厚み以上となると、次の粉末層を敷く際に障害となり、かかる次の粉末層の形成そのものが困難となってしまう。

[0007] ここで、金属光造形に際して光ビームが照射された金属粉末は、その一部又は全部が一旦熔融し、その後急冷凝固されて焼結層となるが、この熔融した時の濡れ性が大きいと、隣接する焼結層との接合面積が大きくなり、流動性が大きければ盛り上がり小さくなる。従って、熔融した時の流動性が大きく、かつ、濡れ性も大きい金属粉末が望まれる。

[0008] また、金属光造形で製造される三次元形状造形物は、その造形物表面に金属粉末が付着して表面粗さを悪くし得る。従って、この三次元形状造形物を高精度なプラスチック射出成形金型等として使用するためには、造形物表面に付着した金属粉末を除去しなければならず、切削用工具などを用いて切削仕上げ等の加工を行う必要がある。硬度の高い鉄系粉末が配合された金属粉末を用いて金属光造形を実施した場合、この鉄系粉末に起因して、切削加工時に切削用工具の刃先が磨耗してしまう。特に細い溝を有する形状を切削加工する場合、小径工具で行わなければならず、工具の磨耗が引き起こされ、場合によっては刃先欠け(チップング)や工具折れが生じてしまう。従って、切削仕上げ等の加工を行う時の加工性が良くなる金属粉末が望まれる。

[0009] また、得られた三次元形状造形物の外観に大きな割れが存在してはならない。特に、三次元形状造形物を射出成形金型として用いる場合、その内部に流体(冷却水)を流すことなどを考慮すると、造形物の内部組織にマイクロクラックが無いことが望まれる。

[0010] このような事情に鑑み、本出願人は特許文献1に示されるように、鉄系粉末(クロムモリブデン鋼、合金工具鋼)と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、及び銅系合金からなる群から選ばれる1種類以上の非鉄系粉末とを含む金属光造形用金属粉末を提案している。また、本出願人は、特許文献2に示されるように、鉄系粉末(クロムモリブデン鋼)と、ニッケルまたは及びニッケル系合金の粉末と、銅または及び銅系合金の粉

末と黒鉛粉末からなる金属光造形用の混合粉末も提案している。クロムモリブデン鋼等は、その強度や靱性の点から用いている。銅及び銅系合金粉末は濡れ性及び流動性の点から用いている。また、ニッケル及びニッケル系合金粉末は強度及び加工性の点から用いている。更に、黒鉛粉末は光ビームの吸収率及びマイクロクラック低減の点から用いている。

- [0011] しかしながら、これら特許文献1及び特許文献2に示されるような金属光造形用金属粉末であっても、金属光造形で得られる造形物の表面に硬い鉄系粉末が付着することに起因して、切削による表面仕上げ時に切削抵抗が大きくなり工具寿命が短くなってしまふ問題があり、その一方で、工具寿命を長くしようとすれば、切削速度を遅くしなければならず、加工に時間がかかってしまうという問題があった。

特許文献1:特開2001-152204号公報

特許文献2:特開2004-277877号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] 本発明は、上記の問題を解決するためになされたものである。即ち、本発明の目的は、造形物の表面に付着した不要な金属粉末を切削除去するに際して、その切削抵抗を小さくでき、用いられる切削工具の寿命を延ばすことを可能にする金属光造形用金属粉末を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0013] 上記目的を達成するために、本発明では、金属粉末からなる粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成すると共に、前記焼結層を積層することで三次元形状造形物を得る金属光造形に用いられる金属光造形用金属粉末であって、

前記金属粉末は、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末とを含んで成り、

前記鉄系粉末が焼き鈍し処理されていることを特徴とする金属光造形用金属粉末が提供される。本発明の金属光造形用金属粉末は、鉄系粉末が焼き鈍し処理されて軟らかくなっていることを特徴の1つとしている。尚、本明細書で用いる「焼き鈍し処理」とは、鉄系粉末を或る温度に加熱して適当な時間保った後、冷却(好ましくはゆつく

りと冷却)する処理を一般に指しており、「焼鈍(しょうどん)」または「アニーリング」とも呼ぶことができるものである。

[0014] 本発明の金属光造形用金属粉末において、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末とは混合(好ましくは均一に混合)されて成ることが好ましい。また、本発明の金属光造形用金属粉末において、金属粉末は、鉄系粉末と、ニッケル及びニッケル系合金粉末の両方又はいずれか一方と、銅及び銅系合金粉末の両方又はいずれか一方と、黒鉛粉末とを含んで成ることが好ましい。

[0015] ある好適な態様において、鉄系粉末は、減圧下、真空下または不活性雰囲気下において、600～700℃の温度に保持された後に徐冷または冷却することによって焼き鈍しされている。この場合、鉄系粉末の平均粒子径が5～50 μ mであることが好ましい。

[0016] 焼き鈍し処理される鉄系粉末はアトマイズ粉末(噴霧粉末)であってよい。即ち、焼き鈍し処理される鉄系粉末がアトマイズ法(例えば水アトマイズ法)で製造された粉末であってよい。

[0017] 本発明では、上述の金属光造形用金属粉末を用いた金属光造形法も提供される。かかる本発明の金属光造形法は、上述の金属光造形用金属粉末からなる粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成する工程と、前記焼結層の積層により形成した造形物の表面部及び不要部分の両方又はいずれか一方の切削除去を行う工程と、を繰り返すことにより三次元形状造形物を得る方法である。

発明の効果

[0018] 本発明の金属光造形用金属粉末では、鉄系粉末が焼き鈍し処理されて軟らかくなっているため、金属光造形で得られた造形物表面に付着する金属粉末に起因する切削抵抗が小さくなる。つまり、造形物の表面に付着した不要な金属粉末の切削除去に際して、その切削抵抗を小さくできるので、用いられる切削工具の寿命を延ばすことができる。尚、ここでいう「切削工具」とは、金属光造形に用いられる一般的な切削工具のことを指している。

[0019] 特に、金属粉末が、鉄系粉末と、ニッケル及びニッケル系合金粉末の両方又はい

ずれか一方と、銅及び銅系合金粉末の両方又はいずれか一方と、黒鉛粉末とを含んで成る場合では、得られる三次元形状造形物の焼結密度が高密度となり得る。

[0020] 鉄系粉末(好ましくは平均粒子径が5~50 μ m)が、減圧下、真空下または不活性雰囲気下において、600~700°Cの温度に保持された後に徐冷または冷却されることによって焼き鈍し処理されている場合、鉄系粉末同士が焼き鈍し処理に際して融着しないので、金属光造形用の金属粉末として特に好適に用いることができる。

[0021] また、本発明では、鉄系粉末が比較的硬いアトマイズ粉末であっても、かかる粉末を焼き鈍し処理して用いるので、結果的に軟らかくされ、金属光造形で得られた造形物表面に付着する金属粉末に起因する切削抵抗を小さくすることができる。つまり、比較的硬いアトマイズ粉末を金属光造形の原料として用いる場合であっても、造形物の表面に付着した不要な金属粉末の切削除去に際して、用いられる切削工具の寿命を延ばすことができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明の金属光造形用金属粉末を用いる金属光造形複合加工機の構成図。
[図2]金属光造形複合加工機の動作(本発明の金属造形法)のフローチャート。
[図3]金属光造形複合加工機の動作を示す図。
[図4]本発明の金属光造形用金属粉末に含まれるクロムモリブデン鋼粉末のSEM写真。
[図5]本発明の金属光造形用金属粉末に含まれるニッケル粉末のSEM写真。
[図6]本発明の金属光造形用金属粉末に含まれる銅マンガン合金粉末のSEM写真。
。
[図7]本発明の金属光造形用金属粉末に含まれるフレーク状黒鉛粉末のSEM写真。
。
[図8]本発明の金属光造形用金属粉末(本発明の金属粉末に含まる粉末成分が混合されたもの)のSEM写真。

符号の説明

- [0023] 1 金属光造形複合加工機
2 粉末層形成手段

- 3 焼結層形成手段
- 4 除去手段
- 20 昇降テーブル
- 21 造形用ベース
- 22 粉末層
- 23 スキージング用ブレード
- 24 焼結層
- 30 光ビーム発信器
- 31 ガルバノミラー
- 40 ミーリングヘッド
- 41 XY駆動機構
- L 光ビーム

発明を実施するための最良の形態

[0024] 以下では、図面を参照にして本発明をより詳細に説明する。まず、本発明の金属光造形用金属粉末が使用される金属光造形複合加工について説明し、その後、本発明の金属光造形用金属粉末の説明を行う。

[0025] [金属光造形用金属粉末が使用される金属光造形複合加工]

本発明の金属光造形用金属粉末を使用して金属光造形法が実施される金属光造形複合加工について図1を参照して説明する。図1は、金属光造形複合加工を行なう金属光造形複合加工機1の構成を示す。金属光造形複合加工機1は、金属粉末を所定の厚みの層に敷く粉末層形成手段2と、光ビームLを発し、光ビームLを任意の位置に照射する焼結層形成手段3と、造形物の周囲を削る除去手段4とを備えている。粉末層形成手段2は、上下に昇降する昇降テーブル20と、昇降テーブル20の上に配され造形物の土台となる造形用ベース(図3に示す)と、造形用ベースに金属粉末の粉末層22を敷くスキージング用ブレード23とを有している。焼結層形成手段3は、光ビームL(指向性エネルギービーム、例えばレーザー)を発する光ビーム発信器30と、光ビームLを粉末層22の上にスキヤニングするガルバノミラー31とを有している。除去手段4は、造形物の周囲を削るミーリングヘッド40と、ミーリングヘッド40を

切削箇所に移動させるXY駆動機構41とを有している。

- [0026] 金属光造形複合加工機1の動作を図2及び図3を参照して説明する。図2は、金属光造形複合加工機1の動作のフローを示し、図3は、金属光造形複合加工機1の動作を示す。
- [0027] 金属光造形複合加工機1の動作は、金属粉末を敷く粉末層形成ステップ(S1)と、粉末層22に光ビームLを照射して焼結層24を形成する焼結層形成ステップ(S2)と、造形物の表面を切削する除去ステップ(S3)とから構成されている。粉末層形成ステップ(S1)では、最初に昇降テーブル20を矢印Z方向に Δt_1 下げる(S11)。造形用ベース21に金属粉末を供給し(S12)、スキージング用ブレード23を、矢印A方向に移動させ、供給された金属粉末を造形用ベース21上にならして、所定厚み矢印 Δt_1 の粉末層22を形成する(S13)。次に、焼結層形成ステップ(S2)に移行し、光ビーム発信器30から光ビームLを発し(S21)、光ビームLをガルバノミラー31によって粉末層22上の任意の位置にスキヤニングし(S22)、金属粉末を溶融し、焼結させて造形用ベース21と一体化した焼結層24を形成する(S23)。
- [0028] 焼結層24の厚みがミーリングヘッド40の工具長さ等から求めた所定の厚みになるまで粉末層形成ステップ(S1)と焼結層形成ステップ(S2)とを繰り返し、焼結層24を積層する。
- [0029] そして、積層した焼結層24の厚みが所定の厚みになると、除去ステップ(S3)に移行し、ミーリングヘッド40を駆動させる(S31)。XY駆動機構41によってミーリングヘッド40を矢印X及び矢印Y方向に移動させ、焼結層24が積層した造形物の表面を切削する(S32)。そして、三次元形状造形物の造形が終了していない場合では、粉末層形成ステップ(S1)へ戻る。こうして、S1乃至S3を繰り返して更なる焼結層24を積層することで、三次元形状造形物を製造する。
- [0030] 焼結層形成ステップ(S2)における光ビームLの照射経路と、除去ステップ(S3)における切削加工経路は、予め三次元CADデータから作成しておく。この時、等高線加工を適用して加工経路を決定する。そして、除去ステップ(S3)に移行する焼結層24の厚みは、造形物の形状に応じて変動させる。造形物の形状が傾斜しているときは所定の厚みより薄い時点において、除去ステップ(S3)に移行することで、滑らかな

表面を得ることができる。

[0031] [金属光造形用金属粉末]

次に、本発明の金属光造形用金属粉末について説明する。本発明の金属光造形用金属粉末は、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末とを含んで成る。

[0032] 鉄系粉末としては、特に制限されるわけではないが、クロムモリブデン鋼粉末、炭素工具鋼粉末、ダイス鋼粉末、高速度工具鋼粉末などを挙げることができる。炭素含有量の多い鉄系粉末は、急冷によりマルテンサイト組織になって硬度が高くなり、焼き戻しにより硬度が低下する。鉄系粉末がクロムモリブデン鋼粉末または工具鋼の粉末である場合には、表面の切削性が良好となるだけでなく、得られる造形物が高強度・高硬度となり得る。かかる鉄系粉末の個々の粒子の形状は特に制限はなく、例えば、球形状、楕円体形状または多面体形状(例えば立方体形状)等であつてよい。かかる鉄系粉末の平均粒子径は、好ましくは2~100 μm 、より好ましくは5~50 μm 、更に好ましくは10~30 μm である(尚、平均粒子径が5 μm よりも小さいと凝集が生じやすくなる。また、金属光造形に際して形成される粉末層の厚みは一般的には約50 μm 程度である)。ここで、「粒子径」とは、粒子のあらゆる方向における長さのうち最大となる長さを実質的に意味しており、「平均粒子径」とは、粒子の電子顕微鏡写真または光学顕微鏡写真に基づいてある個数の粒子の粒子径を測定し、その数平均として算出したものを実質的に意味している。

[0033] かかる鉄系粉末は、後述で詳細に説明するように焼き鈍し処理に付して用い、軟らかくされるので、鉄系粉末がアトマイズ法(例えば水アトマイズ法)で製造された比較的硬いアトマイズ粉末であつてもよい。

[0034] 「ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末」における「ニッケル系合金」としては、制限するわけではないが、ニッケルと、シリコン、ボロン(ホウ素)およびモリブデンからなる群から選ばれる少なくとも1種類の金属とから成る合金が挙げられる。同様に、「銅系合金」としては、制限するわけではないが、銅と、マンガン、リンおよびスズからなる群から選ばれる少なくとも1種類の金属とから成る合金が挙げられる。「鉄系粉末」と同様、かかる粉末の個々の粒

子の形状も特に制限はなく、例えば、球形状、楕円体形状または多面体形状(例えば立方体形状)等であってよい。また、「鉄系粉末」と同様、「ニッケル」、「ニッケル系合金」、「銅」、「銅系合金」および/または「黒鉛」の平均粒子径は、好ましくは2~100 μm 、より好ましくは5~50 μm 、更に好ましくは10~30 μm である。ここでいう「粒子径」も、粒子のあらゆる方向における長さのうち最大となる長さを実質的に意味しており、「平均粒子径」とは、粒子の電子顕微鏡写真または光学顕微鏡写真に基づいてある個数の粒子の粒子径を測定し、その数平均として算出したものを実質的に意味している。

[0035] 「鉄系粉末」および「ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末」の製造法は、特に制限はなく、一般的な粉末製造法、例えば、アトマイズ法(ガスアトマイズ法、水アトマイズ法、遠心力アトマイズ法、プラズマアトマイズ法など)、回転電極法(REP法)、機械的プロセス(例えば粉砕法、メカニカルアロイング法など)、化学的プロセス(酸化物還元法、塩化物還元法など)を用いることができる。また、当然のことながら、かかる製造法で予め製造された市販の粉末をそのまま用いてもよい。

[0036] 焼き鈍し処理に起因した金属光造形物の表面の切削性の改善の効果は、金属粉末の組成の割合(配合割合)の影響を特に受けないので、本発明の金属粉末に含まれる各種粉末の割合(配合割合)は特に制限はない。ただし一例を挙げると、「鉄系粉末の割合」は、金属光造形用金属粉末を基準として、好ましくは40~95重量%、より好ましくは60~90重量%であり、「ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末の割合」は、金属光造形用金属粉末を基準として、好ましくは5~60重量%、より好ましくは10~40重量%である。

[0037] 金属粉末が、本願発明に従って、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛からなる群から選ばれる1種類以上の粉末とが混合されたものであれば、金属光造形物は、表面の切削性が良好となる他に、強度等においても良好となるが、ここで「ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末」が「ニッケル及びニッケル系合金粉末の両方又はいずれか一方と、銅及び銅系合金粉末の両方又はいずれか一方と、黒鉛粉末とから成る粉

末」である場合には、特に金属光造形物の密度が高密度となる効果も付加的に奏されることになる。例えば、鉄系粉末の配合量が60～90重量%、ニッケル及びニッケル系合金の両方又はいずれか一方の粉末の配合量が5～35重量%、銅及び銅系合金の両方又はいずれか一方の粉末の配合量が5～15重量%、黒鉛粉末の配合量が0.2～0.8重量%である金属粉末では、表面の切削性が良好であるだけでなく、内部にマイクロクラックが無い造形物をつくることができる。

[0038] 本発明では、鉄系粉末が焼き鈍し処理されている。つまり、鉄系粉末を或る温度に加熱して適当な時間保った後、冷却(好ましくはゆっくりと冷却)する処理が施されている。これにより、鉄系粉末が軟らかくなるので、金属光造形で得られる造形物表面に付着する金属粉末に起因する切削抵抗を小さくできるという効果、つまり、表面の切削性が良好となり、用いられる切削工具(例えば、超硬合金、高速度工具鋼および/またはcBN等の材質から成る切削工具)の寿命が延びる効果が奏される。例えば、鉄系粉末が焼き鈍し処理されている場合は、鉄系粉末が焼き鈍し処理されていない場合の1.2～2.0倍程度(例えば約1.5倍)切削工具の寿命が延びる。焼き鈍し処理において加熱される温度は、好ましくは580℃～780℃、より好ましくは590～740℃、更に好ましくは600℃～700℃である。加熱後に保持される時間は、好ましくは0.5～10時間、より好ましくは1～2時間である。加熱時間が長すぎると過熱中に粉末が焼結されてかたまってしまう。一方、短すぎると焼き鈍し効果が小さい。冷却または徐冷では、上記温度にまで加熱した鉄系粉末を、25℃程度までゆっくり降温させる。かかる冷却または徐冷は、無加熱状態下の自然放置によって行うのが望ましい。尚、かかる焼き鈍し処理は、減圧下、真空下または不活性雰囲気下で行うことが好ましい。ここでいう「減圧下」とは、大気圧よりも低い圧力下のことを実質的に意味し、「真空下」とは、実質的に真空状態とみなせる雰囲気または常套の真空デバイスを用いて作り出される雰囲気(例えば約100Paの圧力雰囲気下)のことを意味している。「不活性雰囲気下」としては、特に制限されるわけではないが、「アルゴンガス雰囲気」または「窒素ガス雰囲気」が好ましい。尚、これらを組み合わせた態様、例えば、不活性雰囲気の減圧下であつてもかまわない。

[0039] 以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されず、

種々の改変がなされ得ることは当業者には容易に理解されよう。例えば、本発明の金属粉末を金属光造形複合加工機に用いる例を説明したが(即ち、焼結層の形成工程と切削工程とを繰り返して行って三次元形状造形物を得ている例であるが)、金属光造形により三次元形状造形物の全体を製造してから、造形物の表面を切削加工する金属光造形に対して本発明の金属粉末を用いてもよい。

[0040] 尚、上述した本発明は、次の態様を包含することに留意されたい：

第1の態様：金属粉末からなる粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成すると共に、前記焼結層を積層することで三次元形状造形物を得る金属光造形に用いられる金属光造形用金属粉末であつて、

鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる少なくとも1種類以上の粉末とを含んで成り、

前記鉄系粉末が焼き鈍し処理されていることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第2の態様：上記第1の態様において、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる少なくとも1種類以上の粉末とが前記金属粉末にて混合されて成ることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第3の態様：上記第1または第2の態様において、鉄系粉末と、ニッケル及びニッケル系合金粉末の両方又はいずれか一方と、銅及び銅系合金粉末の両方又はいずれか一方と、黒鉛粉末とを含んで成ることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第4の態様：上記第1～第3の態様のいずれかにおいて、前記鉄系粉末が、減圧下、真空下または不活性雰囲気下において、600～700℃の温度に保持された後に徐冷されることによって焼き鈍し処理されていることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第5の態様：上記第4の態様において、前記鉄系粉末の平均粒子径が5～50 μmであることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第6の態様：上記第1～第5の態様のいずれかにおいて、前記焼き鈍し処理される前記鉄系粉末がアトマイズ粉末であることを特徴とする金属光造形用金属粉末。

第7の態様：上記第1～第6の態様のいずれかの金属光造形用金属粉末からなる

粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成する工程と、前記焼結層の積層により形成した造形物の表面部及び不要部分の両方又はいずれか一方の切削除去を行う工程と、を繰り返すことにより三次元形状造形物を得る金属光造形法。

実施例

- [0041] 金属光造形用金属粉末に含まれる鉄系粉末の焼き鈍し処理を行なった。鉄系粉末は、熱処理を行うと、粉末の最表面が活性化された状態となり、接触している部分は、より安定な形状に、すなわち、表面積を小さくなる方向に金属原子が移動を行い、粉末同士が一体となる焼結が起きる。粉末粒径が細くなるほど粉末の表面積が増え、粉末同士の接触面積も増えるため、低温で焼結が進行することとなる。また、熱処理温度が高いほど、焼結は起き易くなる。従って、多くの接触面積を有した粉末同士を一度に焼き鈍し処理をする場合、その焼き鈍し温度は、通常の溶製材の焼き鈍し温度よりも低温で行う必要があり、焼き鈍し処理条件を検討した。
- [0042] 焼き鈍し処理条件の検討は、鉄系粉末として平均粒子径 $20\ \mu\text{m}$ のクロムモリブデン鋼(SCM440)粉末を用いて、焼き鈍し温度と雰囲気条件を変えて行なった。検討に用いたクロムモリブデン鋼粉末は、大量生産が可能な水アトマイズ法で作られており、粉末製作過程の冷却速度が非常に速いため焼入れされた組織となっており、非常に硬い粉末となっていた。
- [0043] このクロムモリブデン鋼粉末を、ステンレスパレットに敷き詰め、 1000°C 、 800°C 、 650°C の温度条件で焼鈍炉にて焼き鈍し処理を行った。雰囲気は、大気中と真空中(約 100Pa)と還元雰囲気中で行なった。その結果、 1000°C 、 800°C のものは隣接する粉末同士が融着した状態となり、その粉末を元の粉末に分離するのが困難であった。 1000°C で処理した粉末について、特にその現象が激しかった。 650°C で処理したものについては、多少は粉末同士が融着していたが、ふるい上ですり潰すことにより、元の粉末状態に戻った。
- [0044] 鉄は、 580°C 以下の温度では余り焼き鈍されないことと、上述の結果から、鉄系粉末の焼き鈍し処理の最適な温度範囲は、 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ と判断することができた。
- [0045] また、焼き鈍し処理時の雰囲気については、 650°C の焼き鈍し温度において、真空中で熱処理したものは良好であったが、大気中で熱処理したものは粉末の表面酸化

が激しく、また、還元雰囲気中で熱処理したものは、隣接する粉末同士がくっついて使用不可能であった。このことから、焼き鈍し処理の雰囲気としては、鉄系粉末が雰囲気と反応しない真空下や減圧下、又は、例えばアルゴンガスや窒素ガスのような不活性雰囲気下が適すると判断できた。

[0046] 次に、上述のように真空中において650°Cで焼き鈍し処理したクロムモリブデン鋼粉末を配合した金属光造形用金属粉末と、焼き鈍し処理をしていないクロムモリブデン鋼粉末を配合した金属光造形用金属粉末とを図1に示すような金属光造形複合加工機1(例えば松浦機械製作所製、型式LUMEX25C)に用いて、造形物表面の切削性の比較をした。用いた金属粉末は、上述のクロムモリブデン鋼粉末に、平均粒子径が30 μ mのニッケル(Ni)粉末と、平均粒子径が30 μ mの銅マンガ合金(CuMnNi)粉末と、フレーク状黒鉛(C)粉末とを混合して作成した。組成は、70重量%SCM440-20重量%Ni-9重量%CuMnNi-0.3重量%Cであった。図4には、真空中において650°Cで焼き鈍し処理したクロムモリブデン鋼粉末のSEM写真を示し、図5には、ニッケル粉末のSEM写真を示し、図6には、銅マンガ合金粉末のSEM写真を示し、図7には、フレーク状黒鉛粉末のSEM写真を示し、図8には、それらを混合した金属粉末のSEM写真を示す。

[0047] 金属光造形複合加工では、光ビームLは、炭酸ガスレーザを使用し、粉末層22の厚み Δt_1 は、0.05mmとした。ミーリングヘッド40の工具(ボールエンドミル)は直径が0.6mm(有効刃長1mm)のものを使用し、10層の焼結層24を形成した時点、すなわち、0.5mmの焼結層を形成した時点で除去手段4を作動させた。

[0048] 切削性の比較の結果、焼き鈍し処理したクロムモリブデン鋼粉末を配合した金属光造形用金属粉末における造形物の切削性は、焼き鈍し処理をしていないクロムモリブデン鋼粉末を配合したものと比較して、工具の切削寿命が約1.5倍になった。この工具の切削寿命の差は、造形物表面に付着しているクロムモリブデン鋼粉末が焼き鈍し処理により軟らかくなったことに起因しているものと考えられる。

[0049] 以上のように、本発明者らは粒子径が20 μ mの鉄系粉末の焼き鈍し条件を見つけ出し、その条件で焼き鈍しを行った鉄系粉末を含む金属粉末を用いて金属光造形を行うことができた。その結果、高密度でかつ強度や硬度が高い三次元形状造形物を

得ることができたのと同時に、表面の切削性においても改善され、工具寿命の向上を図ることができた。

- [0050] 尚、鉄系粉末の焼き鈍し処理の検討は、上述のように、金属粉末の組成の割合を(70重量%SCM440-20重量%Ni-9重量%CuMnNi-0.3重量%C)にして行なったが、焼き鈍し処理による金属光造形物の表面の切削性の改善の効果は、金属粉末の組成の影響を特に受けないので、鉄系粉末の焼き鈍し処理は、鉄系粉末を配合した全ての金属光造形用金属粉末に効果があるといえる。

産業上の利用可能性

- [0051] 本発明の金属光造形用金属粉末を用いて金属光造形法を実施することによって、プラスチック射出成形用金型、プレス金型、ダイカスト金型、鑄造金型、鍛造金型などの三次元形状造形物を製造することができる。

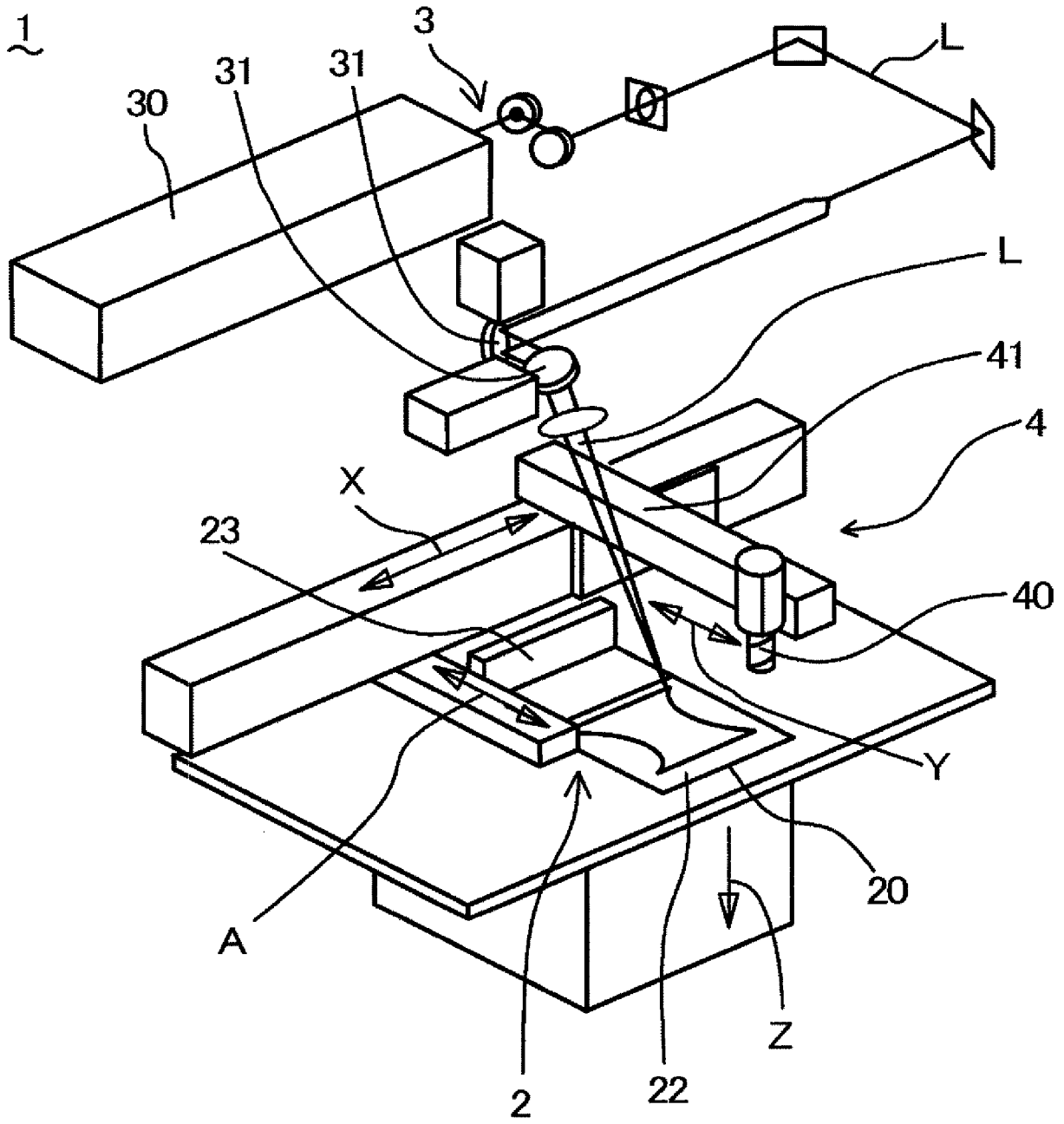
関連出願の相互参照

- [0052] 本出願は、日本国特許出願第2006-230291号(出願日:2006年08月28日、発明の名称:「金属光造形用金属粉末」)に基づくパリ条約上の優先権を主張する。当該出願に開示された内容は全て、この引用により、本明細書に含まれるものとする。

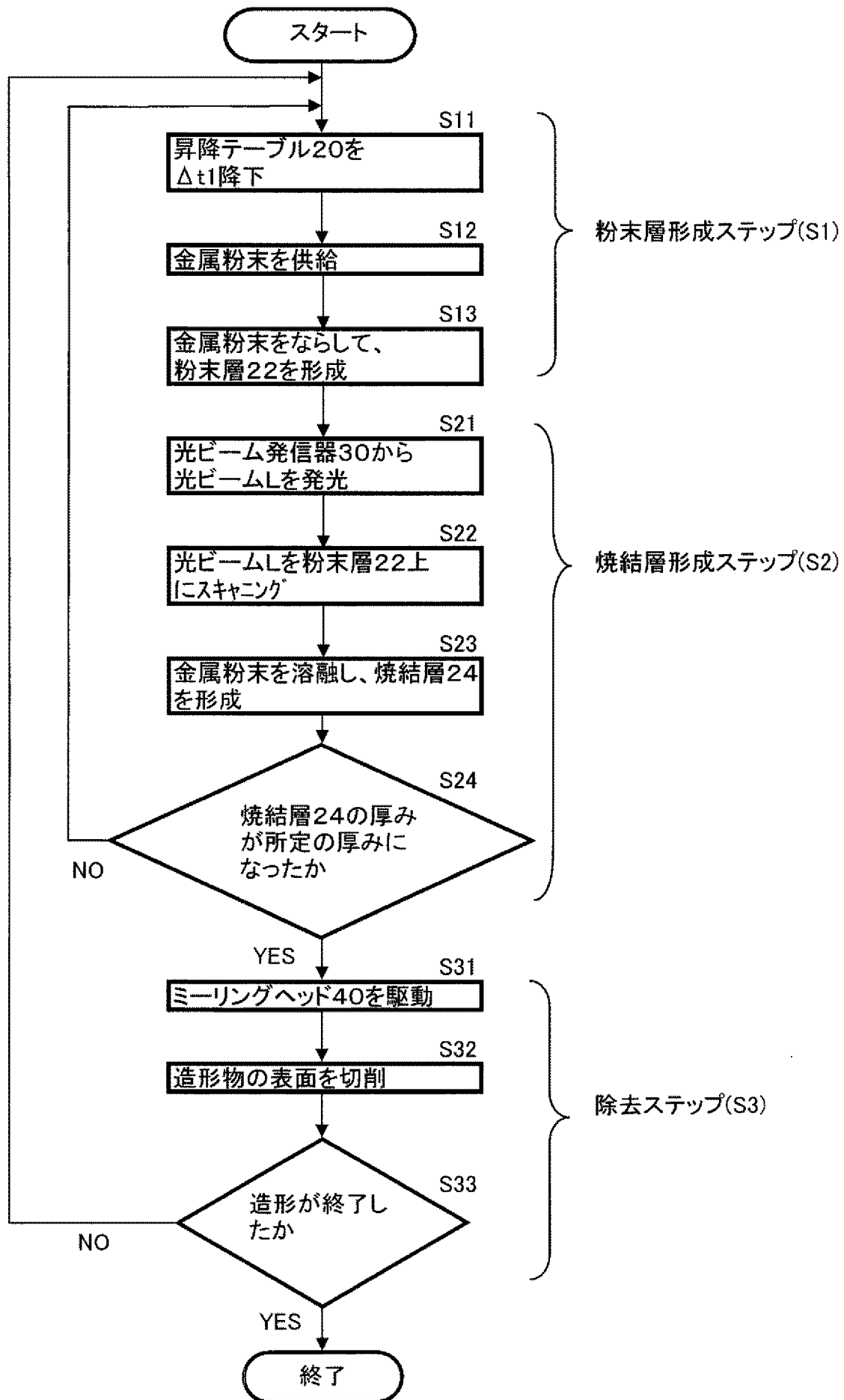
請求の範囲

- [1] 金属粉末からなる粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成すると共に、前記焼結層を積層することで三次元形状造形物を得る金属光造形に用いられる金属光造形用金属粉末であつて、
- 前記金属粉末は、鉄系粉末と、ニッケル、ニッケル系合金、銅、銅系合金、及び黒鉛から成る群から選ばれる1種類以上の粉末とを含んで成り、
- 前記鉄系粉末が焼き鈍し処理されていることを特徴とする金属光造形用金属粉末。
- 。
- [2] 前記金属粉末が、鉄系粉末と、ニッケル及びニッケル系合金粉末の両方又はいずれか一方と、銅及び銅系合金粉末の両方又はいずれか一方と、黒鉛粉末とを含んで成ることを特徴とする、請求項1に記載の金属光造形用金属粉末。
- [3] 前記鉄系粉末が、減圧下、真空下または不活性雰囲気下において、600～700℃の温度に保持された後に徐冷されることによつて焼き鈍し処理されていることを特徴とする、請求項1に記載の金属光造形用金属粉末。
- [4] 前記鉄系粉末の平均粒子径が5～50 μ mであることを特徴とする、請求項3に記載の金属光造形用金属粉末。
- [5] 前記焼き鈍し処理される前記鉄系粉末がアトマイズ粉末であることを特徴とする、請求項1に記載の金属光造形用金属粉末。
- [6] 請求項1に記載の金属光造形用金属粉末からなる粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成する工程と、前記焼結層の積層により形成した造形物の表面部及び不要部分の両方又はいずれか一方の切削除去を行う工程と、を繰り返すことにより三次元形状造形物を得る金属光造形法。

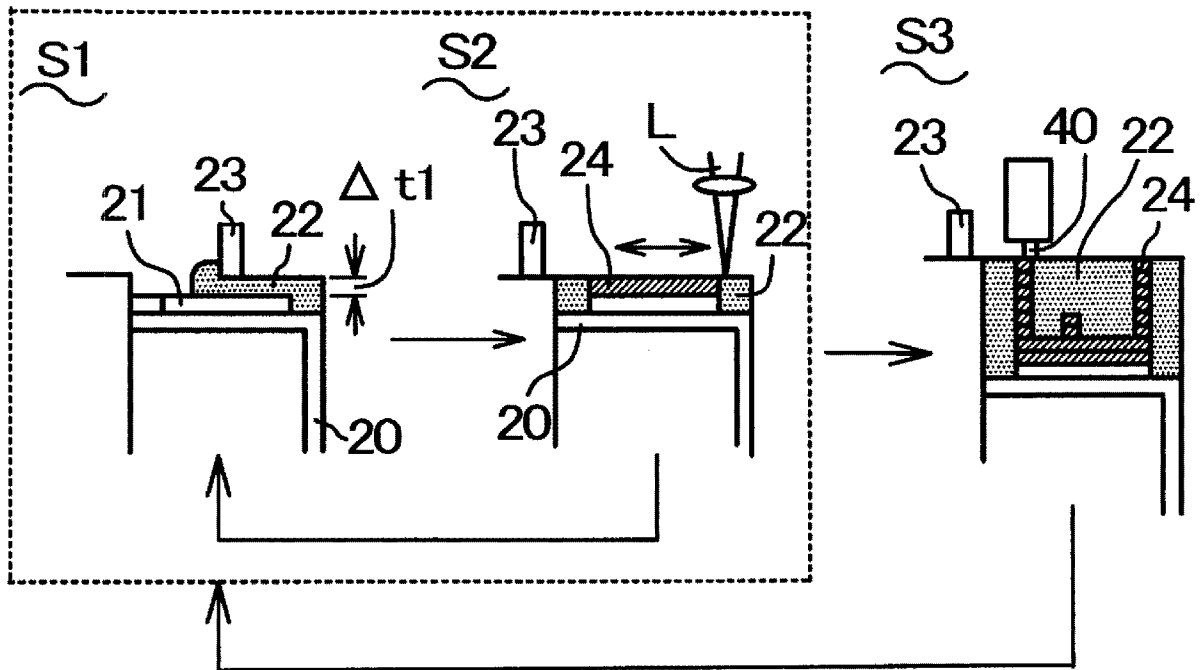
[図1]



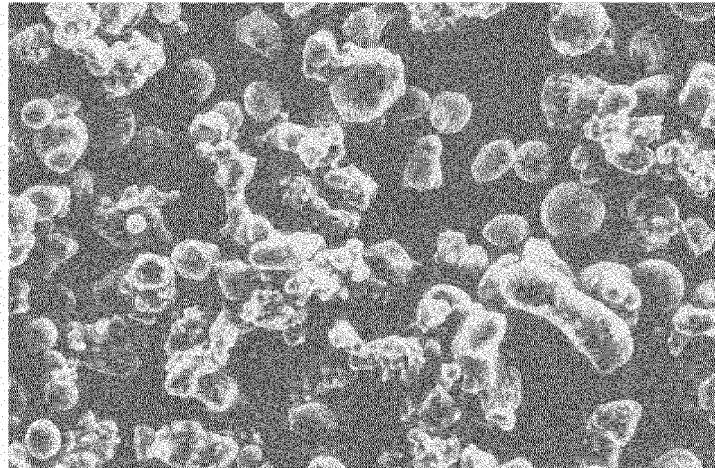
[図2]



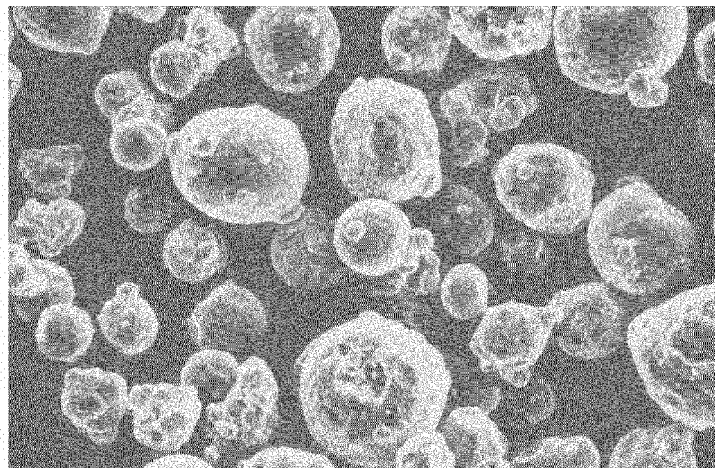
[図3]



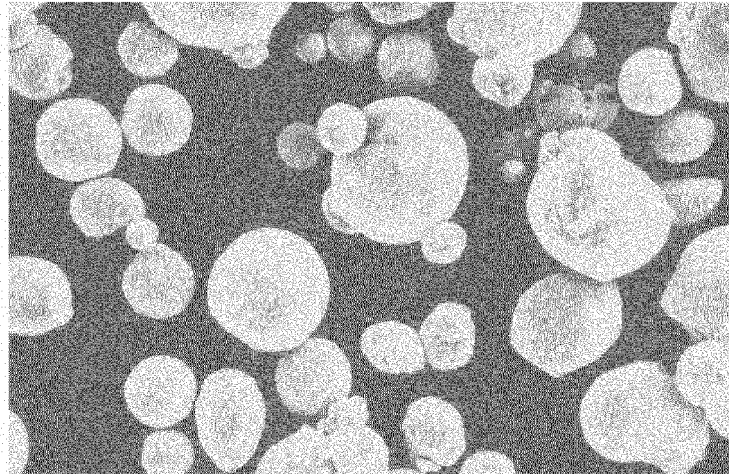
[図4]



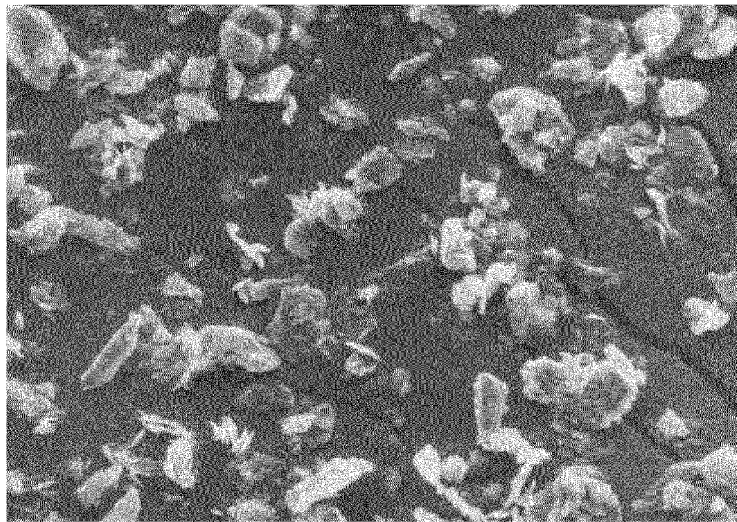
[図5]



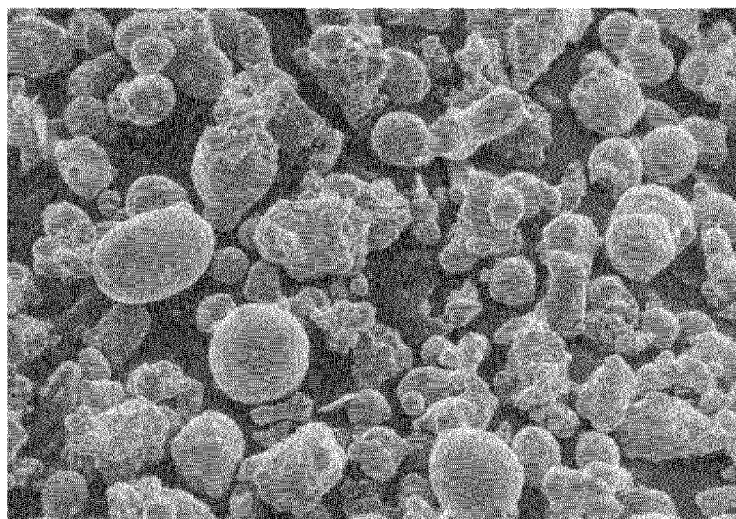
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/066348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F1/00(2006.01) i, *B22F3/105*(2006.01) i, *B22F3/16*(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*

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
Y	JP 2005-048234 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 24 February, 2005 (24.02.05), Claims; Par. No. [0012] (Family: none)	1-6
Y	JP 2005-187908 A (JFE Steel Corp.), 14 July, 2005 (14.07.05), Claims; Par. No. [0022] (Family: none)	1-6

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
19 November, 2007 (19.11.07)

Date of mailing of the international search report
27 November, 2007 (27.11.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

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			
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			
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号	
Y	JP 2005-048234 A (松下電工株式会社) 2005.02.24, 特許請求の範囲、第0012段落 (ファミリーなし)	1-6	
Y	JP 2005-187908 A (JFEスチール株式会社) 2005.07.14, 特許請求の範囲、第0022段落 (ファミリーなし)	1-6	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 19.11.2007		国際調査報告の発送日 27.11.2007	
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	4X 8924
		電話番号 03-3581-1101 内線 3477	