(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2021-123770
(P2021-123770A)
(43)公開日　令和3年8月30日(2021.8.30)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
B22F	1/00	(2006.01)	B22F	1/00	L	4K018
C22C	9/10	(2006.01)	C22C	9/10		
C22C	9/06	(2006.01)	C22C	9/06		
C22C	9/00	(2006.01)	C22C	9/00		
B22F	1/02	(2006.01)	B22F	1/02	D	

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 18 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2020-19353(P2020-19353)
(22)出願日　令和2年2月7日(2020.2.7)

(71)出願人　000180070
山陽特殊製鋼株式会社
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字３００７番地
(74)代理人　110000556
特許業務法人　有古特許事務所
(72)発明者　久世　哲嗣
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字３００７番地　山陽特殊製鋼株式会社内
(72)発明者　柳谷　彰彦
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字３００７番地　山陽特殊製鋼株式会社内
(72)発明者　坂田　将啓
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字３００７番地　山陽特殊製鋼株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】被覆Ｃｕ基合金粉末

(57)【要約】
【課題】急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに適した被覆Ｃｕ基合金粉末の提供。
【解決手段】この被覆Ｃｕ基合金粉末は、多数の被覆粒子からなる。それぞれの被覆粒子は、その材質がＣｕ基合金である合金粒子と、この合金粒子の少なくとも一部を被覆する炭素層と、を有する。炭素層は、厚さ１ｎｍ以上５００ｎｍ以下の非化学的反応層である。各被覆粒子は、Ｃｕ基合金粉末Ａと炭素粉末Ｂとから得られたものである。Ｃｕ基合金粉末Ａの真密度ρ_Aと炭素粉末Ｂの真密度ρ_Bとの比ρ_A/ρ_Bは、４～５５である。Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径d_Aと炭素粉末Ｂの平均粒子径d_Bとの比d_A/d_Bは、１～４００である。被覆Ｃｕ基合金粉末の平均粒子径d_C（μｍ）とタップ密度ＴＤ（Ｍｇ／m^3）との比d_C／ＴＤは、０．２×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以上２０×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以下である。被覆Ｃｕ基合金粉末の球形度は０．８０以上０．９５以下である。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
多数の被覆粒子からなり、
それぞれの被覆粒子が、その材質がＣｕ基合金である合金粒子と、この合金粒子の少なくとも一部を被覆する炭素層と、を有しており、
上記炭素層が非化学的反応層であって、その厚さが１ｎｍ以上５００ｎｍ以下であり
その平均粒子径d_C（μｍ）と、そのタップ密度ＴＤ（Ｍｇ／m^3）との比d_C／ＴＤが、０．２×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以上２０×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以下であり、
その球形度が、０．８０以上０．９５以下であり、
それぞれの被覆粒子が、真密度がρ_Aであり、かつ、平均粒子径d_AであるＣｕ基合金粉末Ａと、真密度がρ_Bであり、かつ、平均粒子径がd_Bである炭素粉末Ｂと、から得られたものであり、この真密度ρ_Aと真密度ρ_Bとの比ρ_A／ρ_Bが、４～５５であり、この平均粒子径d_Aと平均粒子径d_Bとの比d_A／d_Bが、１～４００である、被覆Ｃｕ基合金粉末。
【請求項２】
上記Ｃｕ基合金が、Ｃｕと、元素Ｍ、Ｓｉ、Ｐ及びＳからなる群から選択される１又は２以上と、不可避的不純物と、を含有し、
上記元素Ｍが、Ｃｒ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ｚｒ及びＮｂから選択される１又は２以上である請求項１に記載の被覆Ｃｕ基合金粉末。
【請求項３】
上記Ｃｕ基合金において、
元素Ｍ：０．０質量％以上１０．０質量％以下
Ｓｉ：０．０質量％以上０．２０質量％以下
Ｐ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
及び
Ｓ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
である請求項２に記載の被覆Ｃｕ基合金粉末。
【請求項４】
上記Ｃｕ基合金において、
元素Ｍ：０．０質量％以上５．０質量％以下
Ｓｉ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
Ｐ：０．０質量％以上０．０１０質量％以下
及び
Ｓ：０．０質量％以上０．０１０質量％以下
である請求項２に記載の被覆Ｃｕ基合金粉末。
【請求項５】
上記炭素粉末Ｂが、カーボンブラック、活性炭及びグラファイトから選択される１又は２以上である請求項１から４のいずれかに記載の被覆Ｃｕ基合金粉末。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、三次元積層造形法、溶射法、レーザーコーティング法、肉盛法等の、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに適した金属粉末に関する。詳細には、本発明は、Ｃｕ基合金を主成分とする被覆粉末に関する。
【背景技術】
【０００２】
金属からなる造形物の製作に、３Ｄプリンターが使用されている。この３Ｄプリンターでは、積層造形法によって造形物が製作される。積層造形法では、敷き詰められた金属粉末に、レーザービーム又は電子ビームが照射される。照射により、粉末の金属粒子が溶融する。粒子はその後、凝固する。この溶融と凝固とにより、粒子同士が結合する。照射は

、金属粉末の一部に、選択的になされる。粉末の、照射がなされなかった部分は、溶融しない。照射がなされた部分のみにおいて、結合層が形成される。

【０００３】

結合層の上に、さらに金属粉末が敷き詰められる。この金属粉末に、レーザービーム又は電子ビームが照射される。照射により、金属粒子が溶融する。金属はその後、凝固する。この溶融と凝固とにより、粉末中の粒子同士が結合され、新たな結合層が形成される。新たな結合層は、既存の結合層とも結合される。

【０００４】

照射による結合が繰り返されることにより、結合層の集合体が徐々に成長する。この成長により、三次元形状を有する造形物が得られる。積層造形法により、複雑な形状の造形物が、容易に得られる。積層造形法の一例が、特許第４６６１８４２号公報に開示されている。

【０００５】

高周波誘導加熱装置、モーター冷却用ヒートシンク等に使用される合金には、高伝導度が要求される。このような用途には、Ｃｕ基合金が適している。

【０００６】

国際公開第２０１５／１９４５７９号には、実質的に銅のみからなる金属粉末と、この金属粉末を被覆する炭素被腹膜と、を有する炭素被覆金属粉末が、積層電子部品用の導電性ペーストとして提案されている。この炭素被覆金属粉末の、レーザー回折式粒度分布測定の体積基準の積算分率における５０％値（Ｄ５０）は、３００ｎｍ以下である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特許第４６６１８４２号公報

【特許文献２】国際公開第２０１５／１９４５７９号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

積層造形法では、金属材料が急速に溶融され、かつ急冷されて凝固する。このような急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに用いられる粉末には、従来のＣｕ基合金は不向きである。溶射法、レーザーコーティング法、肉盛法等の、他の急速溶融急冷凝固プロセスにも、従来のＣｕ基合金は不向きである。従来のＣｕ基合金粉末からは、高密度な造形物は得られにくい。

【０００９】

例えば、Ｆｅ基合金、Ｎｉ基合金、Ｃｏ基合金等のレーザー反射率と比較すると、純Ｃｕのレーザー反射率は高い。急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに純Ｃｕの粉末が用いられると、高いレーザー反射率に起因して、多くの熱が大気へ放出される。従って、粉末が溶融するための十分な熱が、この粉末に与えられない。熱の不足は、粒子同士の結合の不良を招来する。熱の不足に起因して、この粉末から得られた造形物の内部に、未溶融の粒子が残存する。この造形物の相対密度は、低い。

【００１０】

一方、エネルギー密度が高いレーザーが純Ｃｕ粉末に照射されれば、未溶融の粒子の残存は抑制される。しかし、エネルギー密度が高いレーザーは、溶融金属の突沸を招来する。この突沸は、造形物の内部の空隙の原因である。空隙を有する造形物の相対密度は、低い。また、エネルギー密度が高いレーザーは、溶融金属の突沸以外に、スパッタやヒュームの発生量を多くさせるという問題がある。

【００１１】

本発明の目的は、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに適しており、かつ優れた特性を有する造形物を得ることができる被覆Ｃｕ基合金粉末の提供にある。

【課題を解決するための手段】

【００１２】
本発明者は、鋭意検討の結果、所定の真密度及び平均粒子径を有するＣｕ基合金粉末と、所定の真密度及び平均粒子径を有する炭素粉末と、を用いて、Ｃｕ基合金粒子の表面に形成された炭素層が、従来よりも効率的に、レーザー反射率を低減しうることを見出した。そして、その炭素層を備えた多数の粒子からなる粉末において、その平均粒子径、タップ密度及び球形度を制御することで、さらに顕著な効果が得られることを見出し、本発明を完成した。
【００１３】
即ち、本発明に係る被覆Ｃｕ基合金粉末は、多数の被覆粒子からなる。それぞれの被覆粒子は、その材質がＣｕ基合金である合金粒子と、この合金粒子の少なくとも一部を被覆する炭素層と、を有している。この炭素層は非化学的反応層であって、その厚さが１ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。この被覆Ｃｕ基合金粉末の平均粒子径d_C（μｍ）と、タップ密度ＴＤ（Ｍｇ／m^3）との比d_C／ＴＤは、０．２×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以上２０×10^{-5}・m^4／Ｍｇ以下である。この被覆Ｃｕ基合金粉末の球形度は、０．８０以上０．９５以下である。それぞれの被覆粒子は、Ｃｕ基合金粉末Ａと炭素粉末Ｂとから得られたものである。Ｃｕ基合金粉末Ａの真密度ρ_Aと、炭素粉末Ｂの真密度ρ_Bとの比ρ_A／ρ_Bは、４～５５である。Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径d_Aと、炭素粉末Ｂの平均粒子径d_Bとの比d_A／d_Bは、１～４００である。
【００１４】
好ましくは、Ｃｕ基合金は、Ｃｕと、元素Ｍ、Ｓｉ、Ｐ及びＳからなる群から選択される１又は２以上と、不可避的不純物と、を含む。この元素Ｍは、Ｃｒ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ｚｒ及びＮｂから選択される１又は２以上である。
【００１５】
好ましくは、このＣｕ基合金では、
元素Ｍ：０．０質量％以上１０．０質量％以下
Ｓｉ：０．０質量％以上０．２０質量％以下
Ｐ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
及び
Ｓ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
である。
【００１６】
他の好ましいＣｕ基合金では、
元素Ｍ：０．０質量％以上５．０質量％以下
Ｓｉ：０．０質量％以上０．１０質量％以下
Ｐ：０．０質量％以上０．０１０質量％以下
及び
Ｓ：０．０質量％以上０．０１０質量％以下
である。
【００１７】
好ましくは、炭素粉末Ｂは、カーボンブラック、活性炭及びグラファイトから選択される１又は２以上である。
【発明の効果】
【００１８】
本発明に係る被覆Ｃｕ基合金粉末から、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスにより、高密度かつ優れた特性を有する造形物が得られる。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
以下、適宜図面が参照されつつ、好ましい実施形態に基づいて本発明が詳細に説明される。なお、本願明細書において、特に記載がない限り、「平均粒子径」は、レーザー回折散乱法により得られる体積基準の累積カーブにおいて、累積体積が５０％である点の粒子

径Ｄ５０（メジアン径）である。範囲を示す「Ｘ～Ｙ」は「Ｘ以上Ｙ以下」を意味する。また、Ｃｕ基合金の成分組成に関し、含有率の下限値が「０．０質量％」と記載されている場合、所定の成分（元素）が含まれていないか、定量限界値以下であることを意味する。

【００２０】

本発明に係る被覆Ｃｕ基合金粉末（以下、被覆粉末と称する場合がある）は、多数の被覆粒子の集合である。それぞれの被覆粒子は、その材質がＣｕ基合金である合金粒子と、この合金粒子の少なくとも一部を被覆する炭素層を、を有している。炭素層は、Ｃｕ基合金からなる合金粒子の最表面に形成されている。

【００２１】

［炭素層］

急速溶融急冷凝固を伴うプロセスでは、この被覆粉末に、レーザービーム又は電子ビームが照射される。炭素層は、レーザー照射によりもたらされる熱を効率的に吸収する。この炭素層を有する被覆粒子は、エネルギー密度が低いレーザー照射により、急速に溶融されうる。この被覆粉末によれば、溶融金属の突沸を招来することなく、高密度の造形物が得られる。

【００２２】

この被覆粉末では、それぞれの被覆粒子の表面全体が、均一に炭素層で被覆されていなくてもよい。その表面の一部に炭素層を有する被覆粒子では、熱を効率的に吸収した炭素層に被覆された部分が優先的に溶融し、この溶融熱により、被覆されていない部分も溶融しうる。従って、合金粒子の少なくとも一部が炭素層に被覆された被覆粒子を含む被覆粉末によっても、エネルギー密度の低いレーザーを用いて、高密度の造形物を得ることが可能である。

【００２３】

炭素層が、合金粒子の表面に均一に形成された被覆粒子は、その表面全体で、レーザー照射によりもたらされる熱を吸収することができる。これにより、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスにおけるレーザーのエネルギー密度をより低減することが可能になる。製造効率及び高密度化の観点から、その表面の多くが炭素層に被覆された被覆粒子が好ましく、その表面が均一に炭素層に被覆された被覆粒子がより好ましい。

【００２４】

［炭素層の厚み］

この被覆粉末において、炭素層の厚みは、１ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。炭素層の厚みが１ｎｍ以上の被覆粉末では、レーザー光の反射率が低減され、熱が効率よく吸収される。この観点から、炭素層の厚みは３ｎｍ以上が好ましく、５ｎｍ以上がより好ましい。炭素層の厚みが５００ｎｍ以下である被覆粉末によれば、得られる造形物の内部に残存する炭素が少ない。この観点から、炭素層の厚みは３００ｎｍ以下が好ましく、１００ｎｍ以下がより好ましい。炭素層の厚みは、透過型電子顕微鏡を用いて測定される。

【００２５】

［比d_C／ＴＤ］

この被覆粉末において、その平均粒子径d_C（μｍ）と、そのタップ密度ＴＤ（Ｍｇ／m^3）との比d_C／ＴＤは、０．２×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以上２０×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以下である。この比d_C／ＴＤが０．２×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以上である粉末は、流動性に優れる。この観点から、比d_C／ＴＤは０．５×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以上が好ましく、５．０×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以上がより好ましい。比d_C／ＴＤが２０×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以下である粉末から、相対密度が大きい造形物が得られうる。この観点から、比d_C／ＴＤは１８×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以下が好ましく、１５×１０$^{-5}$・m^4／Ｍｇ以下がより好ましい。

【００２６】

［被覆粉末のタップ密度ＴＤ］

前述した比d_C／ＴＤが得られる限り、被覆粉末のタップ密度ＴＤは特に限定されない

。造形物の製造容易の観点から、この被覆粉末のタップ密度ＴＤは、０．１０Ｍｇ／ｍ^{3}以上０．４０Ｍｇ／ｍ^{3}以下が好ましく、０．１５Ｍｇ／ｍ^{3}以上０．３５Ｍｇ／ｍ^{3}以下が特に好ましい。

【００２７】

タップ密度ＴＤは、「ＪＩＳ　Ｚ２５１２」の規定に準拠して測定される。測定では、約５０ｇの被覆粉末が容積１００ｃｍ^{3}のシリンダーに充填され、タップ密度が測定される。測定条件は、以下の通りである。

落下高さ：１０ｍｍ

タップ回数：２００

【００２８】

［被覆粉末の平均粒子径ｄ$_C$］

前述した比ｄ$_C$／ＴＤが得られる限り、被覆粉末の平均粒子径ｄ$_C$は特に限定されない。製造容易の観点から、この被覆粉末の平均粒子径ｄ$_C$は、１０μｍ以上が好ましく、１５μｍ以上がより好ましい。造形物の高密度化の観点から、被覆粉末の平均粒子径は、５０μｍ以下が好ましく、４０μｍ以下がより好ましい。

【００２９】

平均粒子径ｄ$_C$の測定では、被覆粉末の全体積が１００％とされて、累積カーブが求められる。このカーブ上の、累積体積が５０％である点の粒子径Ｄ５０が、平均粒子径ｄ$_C$である。平均粒子径ｄ$_C$は、レーザー回折散乱法によって測定される。この測定に適した装置として、日機装社のレーザー回折・散乱式粒子径分布測定装置「マイクロトラックＭＴ３０００」が挙げられる。この装置のセル内に、被覆粉末が純水と共に流し込まれ、粒子の光散乱情報に基づいて、粒子径が検出される。

【００３０】

［被覆粉末の球形度］

この被覆粉末の球形度は、０．８０以上０．９５以下である。球形度が０．８０以上である被覆粉末は、流動性に優れる。この観点から、球形度は０．８３以上が好ましく、０．８５以上がより好ましい。球形度が０．９５以下である被覆粉末では、レーザーの反射が抑制されうる。この観点から、球形度は０．９３以下が好ましく、０．９０以下がより好ましい。

【００３１】

球形度の測定では、被覆粉末が樹脂に埋め込まれた試験片が準備される。この試験片が鏡面研磨に供され、研磨面が光学顕微鏡で観察される。顕微鏡の倍率は、１００倍である。無作為に抽出された２０個の被覆粒子について画像解析がなされ、この被覆粒子の球形度が測定される。被覆粒子の球形度は、この被覆粒子の輪郭内に画かれうる最長線分の長さに対する、この最長線分に対して垂直な方向における長さの比である。２０個の測定値の平均が、被覆粉末の球形度である。

【００３２】

［炭素層の形成方法］

この被覆粉末において、各Ｃｕ基合金粒子の表面の少なくとも一部を被覆する炭素層は、真密度がρ$_A$であり、かつ、平均粒子径ｄ$_A$であるＣｕ基合金粉末Ａと、真密度がρ$_B$であり、かつ、平均粒子径がｄ$_B$である炭素粉末Ｂと、を用いて形成される。この炭素層は、非化学的反応層である。換言すれば、この炭素層は、実質的に化学結合を介することなく、Ｃｕ基合金粒子表面を被覆している。

【００３３】

この炭素層の形成方法として、ボールミル法、ビーズミル法、遊星ボールミル法、アトライタ法及び振動ボールミル法等が例示される。炭素粉末Ｂの凝集を回避する観点から、原料を強力に対流、せん断及び拡散できる形成方法が好ましい。Ｃｕ基合金の劣化防止の観点から、乾式処理がより好ましい。

【００３４】

［比ｄ$_A$／ｄ$_B$］

この被覆粉末では、Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径d_Aと、炭素粉末Ｂの平均粒子径d_Bとの比d_A/d_Bが、１～４００とされる。比d_A/d_Bが１以上であるＣｕ基合金粉末Ａと炭素粉末Ｂとから得られる被覆粉末は、製造容易である。この観点から、比d_A/d_Bは、２０以上が好ましく、５０以上がより好ましい。比d_A/d_Bを４００以下として得られる被覆粉末は、比較的均一な炭素層を有しうる。この観点から、比d_A/d_Bは、３００以下が好ましく、１００以下がより好ましい。

【００３５】

［比ρ_A/ρ_B］

この被覆粉末では、Ｃｕ基合金粉末Ａの真密度ρ_Aと、炭素粉末Ｂの真密度ρ_Bとの比ρ_A/ρ_Bが、４～５５とされる。比ρ_A/ρ_Bが４以上であるＣｕ基合金粉末Ａと炭素粉末Ｂとから得られる被覆粉末は、比較的均一な炭素層を有しうる。この観点から、比ρ_A/ρ_Bは、５以上が好ましく、１５以上がより好ましい。比ρ_A/ρ_Bを５５以下として得られる被覆粉末は、付着性の高い炭素層を有しうる。この観点から、比ρ_A/ρ_Bは、４５以下が好ましく、３５以下がより好ましい。

【００３６】

［Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径d_A］

Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径d_Aは、１０μｍ以上１００μｍ以下が好ましい。平均粒子径d_Aが１０μｍ以上であるＣｕ基合金粉末Ａを用いて得られる被覆粉末は、流動性に優れる。この観点から、平均粒子径d_Aは２０μｍ以上がより好ましく、３０μｍ以上が特に好ましい。平均粒子径d_Aが１００μｍ以下であるＣｕ基合金粉末Ａを用いて得られる被覆粉末から、相対密度が大きい造形物が得られうる。この観点から、平均粒子径d_Aは８０μｍ以下がより好ましく、６０μｍ以下が特に好ましい。Ｃｕ基合金粉末Ａの平均粒子径は、前述した被覆粉末の平均粒子径d_Cと同様にして測定される。

【００３７】

［炭素粉末Ｂの平均粒子径d_B］

炭素粉末Ｂの平均粒子径d_Bは、０．２５μｍ以上１０μｍ以下が好ましい。平均粒子径d_Bが０．２５μｍ以上である炭素粉末Ｂは、凝集しにくい。この観点から、平均粒子径d_Bは０．３０μｍ以上がより好ましく、０．５０μｍ以上が特に好ましい。平均粒子径d_Bが１０μｍ以下である炭素粉末Ｂを用いて得られる被覆粉末から、相対密度が大きい造形物が得られうる。この観点から、平均粒子径Ｄ５０は７μｍ以下がより好ましく、５μｍ以下が特に好ましい。炭素粉末Ｂの平均粒子径d_Bは、前述した被覆粉末の平均粒子径d_Cと同様にして測定される。

【００３８】

［Ｃｕ基合金粉末Ａの真密度ρ_A］

Ｃｕ基合金粉末Ａの真密度ρ_Aは、３．０Ｍｇ／ｍ^{3}以上６．０Ｍｇ／ｍ^{3}以下が好ましい。真密度ρ_Aが３．０Ｍｇ／ｍ^{3}以上であるＣｕ基合金粉末Ａを用いて得られる被覆粉末は、充填性に優れる。この観点から、真密度ρ_Aは３．５Ｍｇ／ｍ^{3}以上がより好ましく、４．０Ｍｇ／ｍ^{3}以上が特に好ましい。真密度ρ_Aが６．０Ｍｇ／ｍ^{3}以下であるＣｕ基合金粉末Ａを用いて得られる被覆粉末は、スキージ性に優れる。この観点から，真密度ρ_Aは５．８Ｍｇ／ｍ^{3}以下がより好ましく、５．５Ｍｇ／ｍ^{3}以下が特に好ましい。

【００３９】

［炭素粉末Ｂの真密度ρ_B］

炭素粉末Ｂの真密度ρ_Bは、０．１２Ｍｇ／ｍ^{3}以上０．７５Ｍｇ／ｍ^{3}以下が好ましい。真密度ρ_Bが０．１２Ｍｇ／ｍ^{3}以上である炭素粉末Ｂは、Ｃｕ基合金粉末Ａとの付着性に優れる。この観点から、真密度ρ_Bは０．１３Ｍｇ／ｍ^{3}以上が特に好ましい。真密度ρ_Bが０．７５Ｍｇ／ｍ^{3}以下である粉末は、凝集せずにＣｕ基合金粉末Ａに均一に付着する。この観点から，真密度ρ_Bは０．６５Ｍｇ／ｍ^{3}以下がより好ましく、０．５０Ｍｇ／ｍ^{3}以下が特に好ましい。

【００４０】

真密度の測定では、Ｈｅガス置換を利用した定容積膨張法によって測定される。この測定に適した装置として、島津製作所の乾式自動密度計「ＡｃｃｕＰｙｃ１３３０」が上げられる。この装置のセル内に、粉末を充填させて密度を測定する。

【００４１】

［Ｃｕ基合金］

Ｃｕ基合金粉末Ａは、その材質がＣｕ基合金である多数の粒子からなる。それぞれの粒子の表面の少なくとも一部が炭素層で被覆されることにより、本発明に係る被覆粉末が得られる。好ましくは、それぞれの粒子の材質は、主成分であるＣｕと、元素Ｍと、Ｓｉ、Ｐ及びＳからなる群から選択される１又は２以上と、不可避的不純物と、を含有するＣｕ基合金である。Ｃｕ基合金中の、元素Ｍ、Ｓｉ、Ｐ及びＳは、Ｃｕ基合金粉末Ａの製造時に意図的に配合されたものであってもよく、製造原料に由来して検出されるものであってもよい。例えば、Ｃｕ基合金粉末Ａ中に、元素Ｍ、Ｓｉ、Ｐ又はＳが検出される場合（定量限界値以下の場合も含む）、意図的な配合量がゼロであってもよい。

【００４２】

好ましくは、このＣｕ基合金は、

元素Ｍ：０．０質量％以上１０．０質量％以下

Ｓｉ（ケイ素）：０．０質量％以上０．２０質量％以下

Ｐ（リン）：０．０質量％以上０．１０質量％以下

Ｓ（硫黄）：０．０質量％以上０．１０質量％以下

及び不可避的不純物

を含む。より好ましくは、このＣｕ基合金は、

元素Ｍ：０．０質量％以上１０．０質量％以下

Ｓｉ（ケイ素）：０．０質量％以上０．２０質量％以下

Ｐ（リン）：０．０質量％以上０．１０質量％以下

及び

Ｓ（硫黄）：０．０質量％以上０．１０質量％以下

を含み、その残部が、Ｃｕ（銅）及び不可避的不純物である。なお、本願明細書における「Ｃｕ基合金」は、元素Ｍ、Ｓｉ、Ｐ及びＳの含有率がいずれも０．０質量％であり、実質的にＣｕ及び不可避的不純物からなる金属を含む概念である。

【００４３】

［元素Ｍ］

元素Ｍは、Ｃｒ（クロム）、Ｆｅ（鉄）、Ｎｉ（ニッケル）、Ｚｒ（ジルコニウム）及びＮｂ（ニオブ）からなる群から選択される１又は２以上である。Ｃｒ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ｚｒ及びＮｂのそれぞれの、平衡状態図上のＣｕへの固溶限は、小さい。しかし、Ｃｕ基合金粉末Ａがアトマイズ法のような急冷凝固を伴う方法で得られると、元素ＭがＣｕに過飽和に固溶する。この過飽和固溶体では、レーザー反射率が抑制される。

【００４４】

元素Ｍを含むＣｕ基合金である粒子によれば、炭素層に被覆されていない箇所にレーザーが照射された場合でも、効率的に熱が吸収されうる。従って、その表面全体が炭素層に被覆されていない被覆粒子であっても、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスにおいて、エネルギー密度のより低いレーザーの使用が可能になる。これにより、溶融金属の突沸が抑制される。このプロセスにより、相対密度が大きく、内部の空隙が少ない造形物が得られうる。

【００４５】

［元素Ｍの含有率］

元素Ｍの含有率は、１０．０質量％以下が好ましい。Ｃｕ基合金が、Ｃｒ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ｚｒ及びＮｂから選択される２以上の元素Ｍを含む場合、その合計含有率が、１０．０質量％以下であることが好ましい。元素Ｍの含有率が、１０．０質量％以下であるＣｕ基合金粉末Ａから得られる被覆粉末により、導電性に優れた造形物が得られうる。この観点から、元素Ｍの含有率は５．０質量％以下がより好ましく、３．０質量％が特に好ましい

。元素Ｍの含有率は、０．０質量％であってもよいが、より低いエネルギー密度のレーザーで、相対密度が大きい造形物が得られるとの観点から、元素Ｍの含有率は０．１質量％以上がより好ましく、０．２質量％以上がさらに好ましく、０．５質量％以上が特に好ましい。

【００４６】

［Ｓｉ（ケイ素）］

ＳｉはＣｕに固溶し、Ｃｕ基合金の電気伝導及び熱伝導を阻害する。この観点から、Ｓｉの含有率は０．２０質量％以下が好ましく、０．１０質量％以下がより好ましく、０．０５質量％以下が特に好ましい。Ｓｉの含有率が、ゼロであってもよい。

【００４７】

［Ｐ（リン）］

ＰはＣｕに固溶し、Ｃｕ基合金の電気伝導及び熱伝導を阻害する。この観点から、Ｐの含有率は０．１０質量％以下が好ましく、０．０１０質量％以下がより好ましく、０．００５質量％以下が特に好ましい。Ｐの含有率が、ゼロであってもよい。

【００４８】

［Ｓ（硫黄）］

ＳはＣｕに固溶し、Ｃｕ基合金の電気伝導及び熱伝導を阻害する。この観点から、Ｓの含有率は０．１０質量％以下が好ましく、０．０１０質量％以下がより好ましく、０．００５質量％以下が特に好ましい。Ｓの含有率が、ゼロであってもよい。

【００４９】

［炭素粉末Ｂ］

炭素粉末Ｂは、Ｃｕ基合金からなる粒子上に炭素層を形成して、その表面の少なくとも一部を被覆する。炭素粉末Ｂは、カーボンブラック、活性炭及びグラファイトからなる群から選択される１又は２以上である。好ましい炭素粉末Ｂは、カーボンブラックである。カーボンブラックの例として、サーマルブラック、ファーネスブラック、チャンネルブラック、アセチレンブラックが挙げられる。ストラクチャーの小さいサーマルブラック、ファーストブラック、チャンネルブラックが好ましい。ストラクチャーが小さい炭素粉末Ｂにより、形成される炭素層の導電性が低下する。導電性が低い炭素相では、レーザー吸収率が向上する。この炭素層が形成された被覆粉末によれば、急速溶融急冷凝固を伴うプロセスにおいて、照射するレーザーのエネルギー密度がさらに低減される。炭素粉末Ｂとして、２種以上が併用されてもよい。

【００５０】

［Ｃｕ基合金粉末Ａの製造方法］

Ｃｕ基合金粉末Ａの製造方法は特に限定されず、水アトマイズ法、単ロール急冷法、双ロール急冷法、ガスアトマイズ法、ディスクアトマイズ法及び遠心アトマイズ法が例示される。好ましい製造方法は、単ロール冷却法、ガスアトマイズ法及びディスクアトマイズ法である。炭素層形成前に、Ｃｕ基合金粉末Ａにメカニカルミリング等が施されてもよい。ミリング方法として、ボールミル法、ビーズミル法、遊星ボールミル法、アトライタ法及び振動ボールミル法が例示される。

【００５１】

［被覆粒子の組織］

Ｃｕ基合金が元素Ｍを含む場合、被覆粉末をなす被覆粒子の組織は、

（１）炭素を多く含む炭素層

（２）Ｃｕを多く含むマトリクス相、

（３）元素Ｍを多く含む粒界相、

及び

（４）マトリクス相に分散し、かつそのサイズが１ｎｍ以上である化合物Cu_mM_n

を有する。この化合物Cu_mM_nの化学式において、ｍ及びｎはそれぞれ自然数を表す。

【００５２】

炭素層（１）の主成分は炭素である。好ましくは、炭素層の材質は炭素のみである。

【００５３】
マトリクス相（２）の主成分は、Ｃｕである。マトリクス相の材質が、Ｃｕのみであってもよい。マトリクス相の材質が、Ｃｕと固溶元素とであってもよい。
【００５４】
粒界相（３）の主成分は、Ｃｕと元素Ｍとの化合物である。粒界相（３）が、元素Ｍの単相を含んでもよい。
【００５５】
そのサイズが１ｎｍ以上である化合物Cu_mM_n（４）を含むＣｕ基合金は、レーザーの吸収性に優れる。このＣｕ基合金から、相対密度が大きい造形物が得られうる。この観点から、化合物（４）のサイズは、２ｎｍ以上がより好ましい。この化合物（４）のサイズは、３００ｎｍ以下が好ましい。このサイズは、金属組織の断面写真において、化合物の輪郭形状に外接する円の直径として求められる。
【００５６】
前述の通り、Ｃｕ基合金が元素Ｍを含む場合、この被覆粉末から、相対密度が大きい造形物が得られうる。一方で元素Ｍは、この造形物の導電性を阻害するおそれがある。金属組織が前述のマトリクス相（２）、粒界相（３）及び化合物（４）を有するＣｕ基合金では、元素Ｍによる導電性阻害が抑制されうる。このＣｕ基合金では、主として、化合物（４）が分散するマトリクス相（２）が、導電性に寄与する。このＣｕ基合金から、導電性に優れた造形物が得られうる。この観点から、化合物Cu_mM_nにおける比ｍ／ｎは、１．０以上５．０以下が好ましく、２．０以上４．５以下がより好ましい。
【００５７】
［造形］
本発明に係る被覆Ｃｕ基合金粉末から、種々の造形物が製造されうる。この造形物の製造方法は、
（１）被覆粉末を準備する工程、
及び
（２）この被覆粉末を溶融及び凝固し、未熱処理の造形物を得る工程
を含む。被覆粉末を溶融及び凝固する工程として、急速溶融急冷凝固プロセスが挙げられる。このプロセスの具体例として、三次元積層造形法、溶射法、レーザーコーティング法及び肉盛法が挙げられる。特に、三次元積層造形法に、この被覆粉末は適している。
【００５８】
三次元積層造形法には、３Ｄプリンターが使用されうる。この積層造形法では、敷き詰められた被覆粉末に、レーザービーム又は電子ビームが照射される。照射により、被覆粒子が急速に加熱され、急速に溶融する。被覆粒子はその後、急速に凝固する。この溶融と凝固とにより、被覆粒子同士が結合する。照射は、被覆粉末の一部に、選択的になされる。被覆粉末の、照射がなされなかった部分は、溶融しない。照射がなされた部分のみにおいて、結合層が形成される。
【００５９】
結合層の上に、さらに被覆粉末が敷き詰められる。この被覆粉末に、レーザービーム又は電子ビームが照射される。照射により、被覆粒子が急速に溶融する。被覆粒子はその後、急速に凝固する。この溶融と凝固とにより、被覆粉末中の被覆粒子同士が結合され、新たな結合層が形成される。新たな結合層は、既存の結合層とも結合される。
【００６０】
照射による結合が繰り返されることにより、結合層の集合体が徐々に成長する。この成長により、三次元形状を有する造形物が得られる。この積層造形法により、複雑な形状の造形物が、容易に得られる。
【００６１】
［造形の条件］
従来、その表面に炭素層が形成されていないＣｕ基合金粉末を用いて、急速溶融急冷凝固プロセスで焼結をおこなう場合、結合層の形成には、１２０Ｊ／mm^3以上のエネルギ

ー密度Ｅ．Ｄ．が必要であった。これに対し、本発明に係る被覆Ｃｕ基合金粉末によれば、焼結時のエネルギー密度Ｅ．Ｄ．の低減が可能である。即ち、本発明に係る被覆粉末を用いて、急速溶融急冷凝固プロセスで焼結をおこなう場合、好ましいエネルギー密度Ｅ．Ｄ．は、８０Ｊ／ｍｍ^{3}以上１８０Ｊ／ｍｍ^{3}以下である。エネルギー密度Ｅ．Ｄ．が８０Ｊ／ｍｍ^{3}以上である場合、十分な熱が被覆粉末に与えられる。従って、造形物内部における未溶融の被覆粉末の残存が抑制される。この造形物の相対密度は、大きい。この観点から、エネルギー密度Ｅ．Ｄ．は１００Ｊ／ｍｍ^{3}以上がより好ましく、１２０Ｊ／ｍｍ^{3}以上が特に好ましい。エネルギー密度Ｅ．Ｄ．が１８０Ｊ／ｍｍ^{3}以下である場合、過剰な熱が被覆粉末に与えられない。従って、溶融金属の突沸が抑制され、造形物の内部における空孔が抑制される。この観点から、エネルギー密度Ｅ．Ｄ．は１７０Ｊ／ｍｍ^{3}以下がより好ましく、１６０Ｊ／ｍｍ^{3}以下が特に好ましい。

【００６２】

［相対密度］

急速溶融急冷凝固プロセスで得られた造形物（すなわち、後述される熱処理が施される前の造形物）の相対密度は、９０％以上が好ましい。この未熱処理の造形物は、寸法精度及び導電性に優れる。この観点から、相対密度は９３％以上がより好ましく、９５％以上がさらに好ましい。

【００６３】

造形物の相対密度は、積層造形法等で作製した１０ｍｍ角試験片の密度と、原料である被覆粉末のかさ密度との比に基づいて算出される。１０ｍｍ角試験片の密度は、アルキメデス法によって測定される。被覆粉末のかさ密度は、乾式密度測定器によって測定される。

【００６４】

［熱処理］

好ましくは、造形物の製造方法は、

（３）上記工程（２）で得られた未熱処理造形物に熱処理を施して造形物を得る工程

をさらに含む。好ましい熱処理は、時効処理である。時効処理により、元素Ｍの単相及び／又はＣｕと元素Ｍとの化合物が、粒界に析出する。この析出により、マトリクス相におけるＣｕの純度が高められる。このマトリクス相は、造形物の導電性に寄与しうる。

【００６５】

［熱処理の条件］

時効では、未処理造形物が、所定温度下に所定時間保持される。時効温度は、３５０℃以上１０００℃以下が好ましい。温度が３５０℃以上である時効により、元素Ｍの単相及び／又はＣｕと元素Ｍとの化合物が十分に析出した組織が得られる。この観点から、時効温度は４００℃以上がより好ましく、４５０℃以上が特に好ましい。温度が１０００℃以下である時効では、元素Ｍのマトリクス相への固溶が抑制される。この観点から、時効温度は９５０℃以下がより好ましく、９００℃以下が特に好ましい。元素Ｍが０．０質量％であるときは、析出させる組織がないため熱処理は不要である。

【００６６】

時効時間は、１時間以上１０時間以下が好ましい。時間が１時間以上である時効により、元素Ｍの単相及び／又はＣｕと元素Ｍとの化合物が十分に析出した組織が得られる。この観点から、時効時間は１．３時間以上がより好ましく、１．５時間以上が特に好ましい。時間が１０時間以下である時効では、エネルギーコストが抑制される。この観点から、時間は９．７時間以下がより好ましく、９．５時間以下が特に好ましい。元素Ｍが０．０質量％であるときは、析出させる組織がないため熱処理は不要である。

【００６７】

［造形物の電気伝導度］

熱処理後の造形物の電気伝導度は、３０ＩＡＣＳ％以上が好ましい。電気伝導度が３０ＩＡＣＳ％以上である造形物は、導電性に優れる。この観点から、電気伝導度は４０ＩＡＣＳ％以上がより好ましく、５０ＩＡＣＳ％以上が特に好ましい。電気伝導度の測定方法

及び測定条件については、実施例にて後述する。
【実施例】
【００６８】
以下、実施例によって本発明の効果が明らかにされるが、この実施例の記載に基づいて本発明が限定的に解釈されるべきではない。
【００６９】
［実施例１］
真空中にて、アルミナ製坩堝で、原料粉末を高周波誘導加熱で加熱し、溶解した。坩堝の底に形成されておりその直径が５ｍｍであるノズルから、溶湯を落下させた。この溶湯に、アルゴンガスを噴霧し、多数の粒子を得た。これらの粒子に分級を施して直径が６３μｍを超える粒子を除去することにより、Ｃｕ基合金粉末Ａを得た。このＣｕ基合金粉末Ａの材質は、実質的にＣｕである。
【００７０】
得られたＣｕ基合金粉末Ａと、炭素粉末Ｂ（サーマルブラック）とを乾式攪拌機（ホソカワミクロン社製）に投入して、撹拌することにより、実施例１の被覆Ｃｕ基合金粉末を得た。この被覆Ｃｕ基合金粉末について、前述した方法により、比ρ_A/ρ_B、比d_A/d_B、比d_C／ＴＤ、炭素層の厚さ及び球形度を求めた。結果が下表１に示されている。
【００７１】
［実施例２－３６及び比較例１－２０］
仕様を下表１－３に示される通りとした他は実施例１と同様にして、実施例２－３６及び比較例１－１９の被覆Ｃｕ基合金粉末を得た。比較例２０では、乾式攪拌機に炭素粉末Ｂを投入せず、実施例１と同様の条件で撹拌処理をおこなった。各粉末について、前述した方法により求めた比ρ_A/ρ_B、比d_A/d_B、比d_C／ＴＤ、炭素層の厚さ及び球形度が、下表１－３に示されている。
【００７２】
［成形］
実施例１－３６及び比較例１－２０の被覆Ｃｕ基合金粉末を原料として、それぞれ、３次元積層造形装置（ＥＯＳ－Ｍ２８０）による積層造形法を実施し、造形物（未熱処理造形物）を得た。積層造形法におけるエネルギー密度Ｅ．Ｄ．（Ｊ／ｍｍ^3）と、得られた造形物の相対密度（％）が、下表１－３に示されている。造形物の形状は、いずれも一辺の長さが１０ｍｍの立方体であった。
【００７３】
［熱処理］
実施例１４－２８及び比較例７－１３の被覆Ｃｕ基合金粉末を原料として得られた造形物に、熱処理（時効処理）を施した。時効温度及び時効時間が、下表１－３に示されている。
【００７４】
［化合物Cu_mM_nの特定］
実施例１－３６及び比較例１－２０の被覆Ｃｕ基合金粉末を原料として得た造形物又は熱処理後の造形物から、それぞれ、ＦＩＢ（集束イオンビーム）加工にて、薄膜状の試験片を作製した。各試験片を透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）で観察し、無作為で抽出された１０箇所（１箇所は２μｍ×２μｍの領域）で化合物の組成を特定した。各Ｃｕ基合金が、マトリクス相（１）、粒界相（２）及び化合物（３）を含む金属組織であることが、確認できた。さらに、比ｍ／ｎを算出した。この結果が、下表１－３に示されている。
【００７５】
［電気伝導度の測定］
実施例１－３６及び比較例１－２０の被覆Ｃｕ基合金粉末を原料として得た造形物又は熱処理後の造形物について、それぞれ、試験片（３×２×６０ｍｍ）を作製し、「ＪＩＳ　Ｃ　２５２５」に準拠した４端子法で、電気抵抗値（Ω）を測定した。測定には、アルバック理工社の装置「ＴＥＲ－２０００ＲＨ型」を用いた。測定条件は、以下の通りであ

る。
温度：２５℃
電流：４Ａ
電圧降下間距離：４０ｍｍ
下記数式に基づき、電気抵抗率ρ（Ωｍ）を算出した。
ρ ＝ Ｒ ／ Ｉ × Ｓ
この数式において、Ｒは試験片の電気抵抗値（Ω）であり、Ｉは電流（Ａ）であり、Ｓは試験片の料断面積（m^2）である。電気伝導度（Ｓ／ｍ）は、電気抵抗率ρの逆数から算出した。また、５．９×10^7（Ｓ／ｍ）を１００％ＩＡＣＳとして、各試験片の電気伝導度（％ＩＡＣＳ）を算出した。この結果が、下表１－３に示されている。

【００７６】
［格付け］
造形物の電気伝導度に関する下記の基準に基づき、各粉末を格付けした。
評価Ａ：電気伝導度が９５％ＩＡＣＳ以上である。
評価Ｂ：電気伝導度が９０％ＩＡＣＳ以上９５％ＩＡＣＳ未満である。
評価Ｃ：電気伝導度が８０％ＩＡＣＳ以上９０％ＩＡＣＳ未満である。
評価Ｄ：電気伝導度が６０％ＩＡＣＳ以上８０％ＩＡＣＳ未満である。
評価Ｅ：電気伝導度が６０％ＩＡＣＳ未満である。
この結果が、下表１－３に示されている。

【００７７】

【表１】

表１

	Ｃｕ基合金粉末Ａ (質量%)						炭素粉末Ｂ	ρ_A/ρ_B	d_A/d_B	dC/TD 10^{-5} m^4/Mg	炭素層の厚み nm	球形度	E.D. J/mm^3	相対密度 %	熱処理		m/n	電気伝導度 %IACS	評価
	元素－含有率			Si	P	S									温度 ℃	時間 h			
実施例1	－	－	－	UM	UM	UM	TB	15	55	12	10	0.85	140	99.0	－	－	－	99.0	A
実施例2	－	－	－	UM	UM	UM	FB	15	55	14	15	0.85	140	98.5	－	－	－	98.0	A
実施例3	－	－	－	UM	UM	UM	CB	15	55	14	16	0.85	140	98.5	－	－	－	98.0	A
実施例4	－	－	－	UM	UM	UM	AB	15	55	15	18	0.85	140	98.0	－	－	－	97.0	A
実施例5	－	－	－	UM	UM	UM	G	15	55	16	20	0.85	140	98.0	－	－	－	97.0	A
実施例6	－	－	－	UM	UM	UM	活性炭	15	55	18	30	0.85	140	97.5	－	－	－	94.0	B
実施例7	－	－	－	0.20	UM	UM	TB	15	55	12	10	0.85	80	96.0	－	－	－	95.0	A
実施例8	－	－	－	UM	0.10	UM	TB	15	55	12	10	0.85	80	96.0	－	－	－	95.0	A
実施例9	－	－	－	UM	UM	0.10	TB	15	55	12	10	0.85	140	99.0	－	－	－	99.0	A
実施例10	－	－	－	0.20	0.10	UM	TB	15	55	12	10	0.85	140	99.0	－	－	－	99.0	A
実施例11	－	－	－	0.20	UM	0.10	TB	15	55	12	10	0.85	140	99.0	－	－	－	99.0	A
実施例12	－	－	－	UM	0.10	0.10	TB	15	55	12	10	0.85	180	98.5	－	－	－	98.0	A
実施例13	－	－	－	0.20	0.10	0.10	TB	15	55	12	10	0.85	180	98.5	－	－	－	98.0	A
実施例14	Cr	1.0	－	0.10	UM	UM	TB	30	60	15	20	0.90	140	99.5	800	5	2.5	89.0	C
実施例15	Zr	1.0	－	0.10	UM	UM	TB	30	60	16	20	0.90	140	99.5	800	5	2.5	90.0	B
実施例16	Nb	1.0	－	0.30	UM	UM	TB	30	60	15	20	0.90	140	99.5	800	5	3.0	82.0	C
実施例17	Cr	5.0	－	UM	0.05	UM	TB	30	60	14	20	0.90	120	99.9	800	5	4.0	83.0	C
実施例18	Fe	5.0	－	UM	0.05	UM	TB	30	60	15	20	0.90	120	99.9	800	5	4.0	80.0	C

【００７８】
【表２】

表２

	Ｃｕ基合金粉末Ａ（質量%）							炭素粉末Ｂ	ρ_A/ρ_B	d_A/d_B	dC/TD 10^{-5} m^4/Mg	炭素層の厚み nm	球形度	E.D. J/mm^3	相対密度 %	熱処理 温度 ℃	熱処理 時間 h	m/n	電気伝導度 %IACS	評価
	元素	含有率		Si	P	S														
実施例19	Zr	5.0	−	UM	0.20	UM		TB	30	60	15	20	0.90	120	99.9	800	5	3.0	76.0	D
実施例20	Cr	10	−	UM	UM	0.05		TB	30	60	16	20	0.90	100	100	350	1	3.5	75.0	D
実施例21	Ni	10	−	UM	UM	0.05		TB	30	60	15	20	0.90	100	100	800	1	3.5	73.0	D
実施例22	Nb	15	−	UM	UM	0.05		TB	30	60	16	20	0.90	100	100	1000	1	2.0	70.0	D
実施例23	Cr	0.5	Fe	0.5	0.10	0.05	0.05	TB	30	60	18	20	0.90	140	99.5	800	5	1.5	88.0	C
実施例24	Cr	0.5	Zr	0.5	0.10	0.05	0.05	FB	30	60	15	20	0.90	140	99.5	800	5	2.0	90.0	B
実施例25	Ni	2.5	Zr	2.5	0.10	0.05	0.05	CB	30	60	16	20	0.90	120	99.9	800	5	2.5	82.0	C
実施例26	Cr	2.5	Nb	2.5	0.10	0.05	0.05	AB	30	60	16	20	0.90	120	99.9	800	5	5.0	81.0	C
実施例27	Fe	5.0	Zr	5.0	0.10	0.05	0.05	G	30	60	17	20	0.90	100	100	800	1	3.5	72.0	D
実施例28	Ni	7.5	Nb	7.5	0.10	0.05	0.05	活性炭	30	60	16	20	0.90	100	100	800	10	4.0	70.0	D
実施例29	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	4	20	0.5	20	0.95	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例30	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	50	300	18	20	0.95	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例31	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	5	1	0.8	30	0.95	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例32	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	55	400	17	30	0.95	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例33	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	35	100	0.2	50	0.80	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例34	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	25	50	20	50	0.80	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例35	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	15	55	15	1	0.80	140	97.0	−	−	−	93.0	B
実施例36	−	−	−	−	UM	UM	UM	TB	15	55	15	500	0.95	140	97.0	−	−	−	93.0	B

【００７９】
【表３】

表３

	Ｃｕ基合金粉末Ａ（質量%）							炭素粉末Ｂ	ρ_A/ρ_B	d_A/d_B	dC/TD 10^{-5} m^4/Mg	炭素層の厚み mm	球形度	E.D. J/mm^3	相対密度 %	熱処理		m/n	電気伝導度 %IACS	評価
	元素－含有率			Si	P	S										温度 ℃	時間 h			
比較例1	－	－	－	UM	UM	UM		TB	1	55	12	10	0.85	140	79.0	－	－	－	55.0	E
比較例2	－	－	－	UM	UM	UM		FB	3	55	14	15	0.85	200	80.0	－	－	－	56.0	E
比較例3	－	－	－	UM	UM	UM		CB	60	55	14	16	0.85	140	82.0	－	－	－	55.0	E
比較例4	－	－	－	UM	UM	UM		AB	100	55	15	18	0.85	200	80.0	－	－	－	52.0	E
比較例5	－	－	－	UM	UM	UM		G	15	55	16	20	0.75	140	85.0	－	－	－	59.0	E
比較例6	－	－	－	UM	UM	UM		活性炭	15	55	18	30	0.75	140	84.0	－	－	－	59.0	E
比較例7	Nb	1.0	－	0.20	UM	UM		TB	15	0.5	12	10	0.85	140	78.0	800	5	2.5	54.0	E
比較例8	Zr	1.0	－	UM	0.10	UM		TB	15	0.8	12	10	0.85	200	80.0	800	5	0.5	55.0	E
比較例9	Cr	5.0	－	UM	UM	0.10		TB	15	500	12	10	0.85	140	80.0	800	5	4.0	55.0	E
比較例10	Zr	5.0	－	0.20	0.10	UM		TB	15	800	12	10	0.85	200	79.0	800	5	3.5	53.0	E
比較例11	Cr	5.0	Fe	5.0	UM	0.10		TB	15	55	0.1	10	0.85	140	60.0	800	5	6.0	50.0	E
比較例12	Nd	5.0	Zr	5.0	UM	0.10		TB	15	55	0.1	10	0.85	200	63.0	800	1	6.5	52.0	E
比較例13	Y	5.0	Zr	5.0	0.20	0.10		TB	15	55	25	10	0.85	140	55.0	800	10	2.0	55.0	E
比較例14	－	－	－	0.10	UM	UM		TB	30	60	15	0.1	0.90	80	52.0	－	－	－	50.0	E
比較例15	－	－	－	0.10	UM	UM		TB	30	60	16	0.5	0.90	140	53.0	－	－	－	52.0	E
比較例16	－	－	－	0.10	UM	UM		TB	30	60	15	0.8	0.90	200	55.0	－	－	－	53.0	E
比較例17	－	－	－	UM	0.05	UM		TB	30	60	14	600	0.90	80	99.9	－	－	－	59.0	E
比較例18	－	－	－	UM	0.05	UM		TB	30	60	15	1000	0.90	140	99.9	－	－	－	58.0	E
比較例19	－	－	－	UM	0.05	UM		TB	30	60	15	2000	0.90	200	99.9	－	－	－	55.0	E
比較例20	－	－	－	UM	UM	0.05		－	30	60	16	＝	0.90	100	100	－	－	－	15.0	E

【００８０】
表１－３に記載された符号の詳細は、以下の通りである。

ＵＭ：定量限界値以下（ＩＣＰ－ＭＳ（誘導結合プラズマ質量分析計）にて測定）
ＴＢ：サーマルブラック
ＦＢ：ファーネスブラック
ＣＢ：チャンネルブラック
ＡＢ：アセチレンブラック
Ｇ：グラファイト
表中、Ｃｕ基合金粉末Ａの組成欄に示された「－」は、０．０質量％を意味する。

【００８１】

表１－３に示されるように、実施例の被覆Ｃｕ基合金粉末は、比較例の粉末に比べて評価が高い。この評価結果から、本発明の優位性は明らかである。

【産業上の利用可能性】

【００８２】

本発明に係る粉末は、急速溶融急冷凝固を伴う種々のプロセスによる造形物の製造に適用される。例えば、この粉末は、ノズルから粉末が噴射されるタイプの３Ｄプリンター、ノズルから粉末が噴射されるタイプのレーザーコーティング法等にも適している。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		テーマコード（参考）
Ｂ３３Ｙ	***70/00***	***(2020.01)***	Ｂ３３Ｙ	70/00	
Ｂ２２Ｆ	*3/105*	*(2006.01)*	Ｂ２２Ｆ	3/105	
Ｂ２２Ｆ	*3/16*	*(2006.01)*	Ｂ２２Ｆ	3/16	

Ｆターム(参考) 4K018 AB07 BA02 BB03 BB04 BC28 CA44 EA51 EA60 FA08 KA33
KA63