

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7194087号
(P7194087)

(45)発行日 令和4年12月21日(2022.12.21)

(24)登録日 令和4年12月13日(2022.12.13)

(51)国際特許分類	F I	
B 2 2 F 1/00 (2022.01)	B 2 2 F 1/00	L
C 2 2 C 9/06 (2006.01)	C 2 2 C 9/06	
C 2 2 C 9/00 (2006.01)	C 2 2 C 9/00	
H 0 1 B 1/02 (2006.01)	H 0 1 B 1/02	A
B 3 3 Y 70/00 (2020.01)	B 3 3 Y 70/00	
請求項の数 5 (全12頁)		

(21)出願番号	特願2019-135294(P2019-135294)	(73)特許権者	000180070 山陽特殊製鋼株式会社
(22)出願日	令和1年7月23日(2019.7.23)		兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地
(65)公開番号	特開2021-17639(P2021-17639A)	(74)代理人	110000556 特許業務法人 有古特許事務所
(43)公開日	令和3年2月15日(2021.2.15)		
審査請求日	令和4年5月16日(2022.5.16)	(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
早期審査対象出願		(72)発明者	相川 芳和 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	永富 裕一 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】 Cu基合金粉末

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

その材質がCu基合金である粉末であって、
上記Cu基合金が、
元素M：0.2質量%以上10.0質量%以下
Si：0.20質量%以下
P：0.10質量%以下
S：0.10質量%以下

及び

不可避免的不純物

を含み、

上記元素MがCr、Fe、Ni、Zr及びNbから選択された1又は2以上の元素であり、

上記Cu基合金が、元素MがCuに過飽和に固溶した過飽和固溶体であり、

上記粉末の平均粒子径D50(μm)と上記粉末のタップ密度TD(Mg/m³)との比(D50/TD)が、0.2×10⁻⁵・m⁴/Mg以上2.0×10⁻⁵・m⁴/Mg以下であり、

その球形度が0.80以上0.95以下である粉末。

【請求項2】

上記Cu基合金が0.2質量%以上5.0質量%以下の元素Mを含有する請求項1に記載

載の粉末。

【請求項 3】

上記 Cu 基合金が 0.5 質量%以上 3.0 質量%以下の元素 M を含有する請求項 1 に記載の粉末。

【請求項 4】

上記 Cu 基合金が、0.10 質量%以下の Si、0.010 質量%以下の P、及び 0.010 質量%以下の S を含有する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の粉末。

【請求項 5】

その平均粒子径 D₅₀ が 15 μm 以上 50 μm 以下である請求項 1 から 4 のいずれかに記載の粉末。

10

【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、その材質が Cu 基合金である粉末に関する。

【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。

20

【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。

30

【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】

特願2014-544456公報には、主成分がCuであり、Zrを含むCu基合金が開示されている。このCu基合金におけるZrの含有率は、5at%から8at%である。

40

【0007】

特願2005-090521公報には、主成分がCuであり、Zrを含むナノ結晶粉末が開示されている。この粉末の材質であるCu合金におけるZrの含有率は、0.05質量%から45質量%である。この粉末の粒子サイズは、2nmから1000nmである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特許第4661842号公報

特願2014-544456公報

特願2005-090521公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

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。例えば、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。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。

【0010】

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が得られるCu基合金粉末の提供にある。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る粉末の材質は、Cu基合金である。このCu基合金は、
 元素M：0.1質量%以上10.0質量%以下
 Si：0.20質量%以下
 P：0.10質量%以下
 S：0.10質量%以下

及び

不可避的不純物

20

を含む。この元素Mは、Cr、Fe、Ni、Zr及びNbから選択された1又は2以上の元素である。この粉末の、平均粒子径D50(μm)とタップ密度TD(Mg/m³)との比(D50/TD)は、 $0.2 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$ 以上 $20 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$ 以下である。この粉末の球形度は、0.80以上0.95以下である。

【0012】

好ましくは、このCu基合金は、0.2質量%以上5.0質量%以下の元素Mを含有する。好ましくは、このCu基合金は、0.5質量%以上3.0質量%以下の元素Mを含有する。

【0013】

好ましくは、このCu基合金は、0.10質量%以下のSi、0.010質量%以下のP、及び0.010質量%以下のSを含有する。

30

【0014】

好ましくは、このCu基合金の金属組織は、
 Cuを多く含むマトリクス相、
 元素Mを多く含む粒界相、

及び

マトリクス相に分散し、かつそのサイズが1nm以上300nm以下である化合物Cu_mM_nを有する。この化合物の化学式において、m及びnはそれぞれ自然数を表す。これらの自然数の比(m/n)は、4.0以上である。

40

【発明の効果】

【0015】

本発明に係る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、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】

【0016】

本発明に係る粉末は、多数の粒子の集合である。この粒子の材質は、Cu基合金である。このCu基合金は、Cr、Fe、Ni、Zr及びNbから選択された1又は2以上の元素Mを含有している。

【0017】

50

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。

【0018】

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。

10

【0019】

本発明者は、鋭意検討の結果、Cuへの所定量のCr、Fe、Ni、Zr又はNbの添加により、高密度な造形物が作製されうることを見いだした。この造形物は、導電性に優れる。

【0020】

[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。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、粉末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。この粉末が急速溶融急冷凝固を伴うプロセスに供されても、熱が大気へ放出されにくい。このプロセスでは、エネルギー密度が過剰に高いレーザーの照射は、不要である。従って、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。

20

【0021】

[元素Mの含有率]

元素Mの合計含有率Pは、0.1質量%以上10.0質量%以下が好ましい。合計含有率Pが0.1質量%以上である粉末から、相対密度が大きい造形物が得られうる。この観点から、合計含有率Pは0.2質量%以上がより好ましく、0.5質量%以上が特に好ましい。合計含有率Pが10.0質量%以下である粉末から、導電性に優れた造形物が得られうる。この観点から、合計含有率P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。

30

【0022】

[他の元素]

Cu基合金は、元素M以外にも、下記の元素を含む。

Si: 0.20質量%以下

P: 0.10質量%以下

S: 0.10質量%以下

好ましくは、残部は、Cu及び不可避免的不純物である。

【0023】

[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。

40

【0024】

[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。

【0025】

50

[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。

【 0 0 2 6 】

[組織]

Cu基合金の金属組織は、

(1) Cuを多く含むマトリクス相、

(2) 元素Mを多く含む粒界相、

及び

(3) マトリクス相に分散しかつそのサイズが1nm以上300nm以下である化合物 Cu_mM_n

を有する。この化合物の化学式において、m及びnはそれぞれ自然数を表す。これらの自然数の比(m/n)は、4.0以上である。

【 0 0 2 7 】

マトリクス相(1)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。

【 0 0 2 8 】

粒界相(2)の主成分は、Cuと元素Mとの化合物である。粒界相(2)が、M元素の単相を含んでもよい。

【 0 0 2 9 】

そのサイズが1nm以上である化合物(3)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 Cu_mM_n のサイズは2nm以上がより好ましく、3nm以上が特に好ましい。サイズは、300nm以下が好ましい。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である。

【 0 0 3 0 】

前述の通り、元素Mを含有する粉末から、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(1)、粒界相(2)及び化合物(3)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、マトリクス相(1)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。

【 0 0 3 1 】

造形物の導電性の観点から、比(m/n)は9以上がより好ましく、19以上が特に好ましい。

【 0 0 3 2 】

[粉末の粒子径]

粉末の平均粒子径D50は、15μm以上50μm以下が好ましい。平均粒子径D50が15μm以上である粉末は、流動性に優れる。この観点から、平均粒子径D50は20μm以上がより好ましく、25μm以上が特に好ましい。平均粒子径D50が50μm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、平均粒子径D50は40μm以下がより好ましく、30μm以下が特に好ましい。

【 0 0 3 3 】

平均粒子径D50の測定では、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%である点の粒子径が、平均粒子径D50である。平均粒子径D50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、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。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

[タップ密度]

造形物の製造容易の観点から、この粉末のタップ密度TDは、 0.10 Mg/m^3 以上 0.40 Mg/m^3 以下が好ましく、 0.15 Mg/m^3 以上 0.35 Mg/m^3 以下が特に好ましい。

【 0035 】

タップ密度は、「JIS Z 2512」の規定に準拠して測定される。測定では、約50gの粉末が容積 100 cm^3 のシリンダーに充填され、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

10

【 0036 】

[D50 / TD]

平均粒子径D50 (μm)とタップ密度TD (Mg/m^3)との比D50 / TD ($10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$)は、0.2以上20以下が好ましい。比D50 / TD ($10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$)が0.2以上である粉末は、流動性に優れる。この観点から、比D50 / TD ($10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$)は0.5以上がより好ましく、5以上が特に好ましい。比D50 / TD ($10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$)が20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D50 / TD ($10^{-5} \cdot \text{m}^4 / \text{Mg}$)は18以下がより好ましく、15以下が特に好ましい。

【 0037 】

20

[球形度]

粉末の球形度は、0.80以上0.95以下が好ましい。球形度が0.80以上である粉末は、流動性に優れる。この観点から、球形度は0.83以上がより好ましく、0.85以上が特に好ましい。球形度が0.95以下である粉末では、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以下がより好ましく、0.90以下が特に好ましい。

【 0038 】

球形度の測定では、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個の粒子について画像解析がなされ、この粒子の球形度が測定される。20個の測定値の平均が、粉末の球形度である。粒子の球形度は、この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。

30

【 0039 】

[粉末の製造方法]

粉末の製造方法として、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。粉末に、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、アトラクタ法及び振動ボールミル法が例示される。

40

【 0040 】

[造形]

本発明に係る金属粉末から、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) 金属粉末を準備する工程、

及び

(2) この金属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。金属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、この金属粉末は適している。

【 0041 】

50

この積層造形法には、3Dプリンターが使用される。この積層造形法では、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、粒子が急速に加熱され、急速に熔融する。粒子はその後、急速に凝固する。この熔融と凝固とにより、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、熔融しない。照射がなされた部分のみにおいて、結合層が形成される。

【0042】

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、粒子が急速に熔融する。粒子はその後、急速に凝固する。この熔融と凝固とにより、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。

10

【0043】

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。

【0044】

[造形の条件]

積層造形法などの急速熔融急凝固プロセスで焼結をおこなう時のエネルギー密度 $E \cdot D$ は、 120 J/mm^3 以上 250 J/mm^3 以下が好ましい。エネルギー密度 $E \cdot D$ が 120 J/mm^3 以上である場合、十分な熱が粉末に与えられる。従って、造形物内部における未熔融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 $E \cdot D$ は 130 J/mm^3 以上がより好ましく、 140 J/mm^3 以上が特に好ましい。エネルギー密度 $E \cdot D$ が 250 J/mm^3 以下である場合、過剰な熱が粉末に与えられない。従って、熔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 $E \cdot D$ は 240 J/mm^3 以下がより好ましく、 230 J/mm^3 以下が特に好ましい。

20

【0045】

[相対密度]

急速熔融急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。

30

【0046】

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。粉末のかさ密度は、乾式密度測定器によって測定される。

【0047】

[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。

40

【0048】

[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

50

がより好ましく、900 以下が特に好ましい。

【0049】

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。

【0050】

[造形物の電気伝導度]

熱処理後の造形物の電気伝導度は、30 IACS%以上が好ましい。電気伝導度が30 IACS%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40 IACS%以上がより好ましく、50 IACS%以上が特に好ましい。

10

【実施例】

【0051】

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。

【0052】

[粉末の製造]

真空中にて、アルミナ製坩堝で、所定の組成を有する原料を高周波誘導加熱で加熱し、溶解した。坩堝下にある直径が5mmのノズルから、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63 μmを超える粒子を除去し、Cu基合金粉末を得た。各粉末の組成の詳細が、下記の表1及び2に示されている。

20

【0053】

[成形]

この粉末を原料として、3次元積層造形装置(EOS-M280)による積層造形法を実施し、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が、下記の表1及び2に示されている。造形物の形状は立方体であり、一辺の長さは10mmであった。

【0054】

[熱処理]

未熱処理造形物に、熱処理(時効処理)を施した。時効温度及び時効時間が、下記の表1及び2に示されている。

30

【0055】

[析出物の特定]

前述の造形物から、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。この試験片を透過電子顕微鏡(TEM)で観察し、無作為に抽出された10箇所(1箇所は2 μm×2 μm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、下記の表1及び2に示されている。

40

【0056】

[電気伝導度の測定]

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()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(m)を算出した。

$$= R / I \times S$$

50

この数式において、 R は試験片の電気抵抗値 () 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 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、下記の表 1 及び 2 に示されている。

【 0 0 5 7 】

[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、各金末を格付けした。

評価 1 : 電気伝導度が 90% IACS 以上である。

評価 2 : 電気伝導度が 70% IACS 以上 90% IACS 未満である。

評価 3 : 電気伝導度が 50% IACS 以上 70% IACS 未満である。

評価 4 : 電気伝導度が 40% IACS 以上 50% IACS 未満である。

評価 5 : 電気伝導度が 40% IACS 未満である。

この結果が、下記の表 1 及び 2 に示されている。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

【 表 1 】

表1 評価結果

	組成 (質量%)										D50/TD 10 ⁻⁵ m ⁴ /Mg	球形 度	m/n	Cu _{μm} ^h サイズ nm	E. D. J/mm ³	相対 密度 %	熱処理		電気 伝導度 %IACS	評価
	元素含有率					Si	P	S	温度 °C	時間 h										
	Cr	0.2	-	-	-												0.10	0.005		
実施例1	Cr	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.001	12	0.90	19	1	200	95.7	800	5	50	3		
実施例2	Cr	10.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	14	0.90	4	200	200	99.7	800	5	63	3		
実施例3	Fe	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.001	10	0.90	19	3	200	95.5	800	5	48	4		
実施例4	Fe	10.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	12	0.90	4	200	200	99.7	800	5	60	3		
実施例5	Ni	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.001	14	0.90	19	3	200	95.6	800	5	46	4		
実施例6	Ni	10.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	10	0.90	4	200	200	99.8	800	5	57	3		
実施例7	Zr	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.001	0.2	0.90	19	5	200	95.6	800	5	55	3		
実施例8	Zr	10.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	0.5	0.90	4	250	200	99.9	800	5	68	3		
実施例9	Nb	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.001	10	0.90	19	3	200	95.3	800	5	41	4		
実施例10	Nb	10.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	15	0.90	4	300	200	99.6	800	5	48	4		
実施例11	Cr	0.5	Fe	0.5	-	0.10	0.005	0.001	12	0.80	19	10	200	98.2	800	5	80	2		
実施例12	Cr	0.5	Zr	0.5	-	0.10	0.005	0.001	12	0.80	19	20	200	98.3	800	5	90	1		
実施例13	Fe	2.0	Ni	2.0	-	0.10	0.005	0.001	10	0.80	9	40	200	99.3	800	5	75	2		
実施例14	Fe	2.0	Nb	2.0	-	0.10	0.005	0.001	8	0.95	9	45	200	99.0	800	5	72	2		
実施例15	Ni	5.0	Zr	5.0	-	0.10	0.005	0.001	12	0.95	4	70	200	99.8	800	5	60	3		
実施例16	Cr	0.5	Ni	0.5	Zr	0.5	0.100	0.100	12	0.90	9	100	200	98.7	800	1	87	2		
実施例17	Cr	0.5	Fe	0.5	Nb	0.5	0.100	0.100	14	0.90	9	80	200	98.6	800	3	85	2		
実施例18	Ni	0.5	Zr	0.5	Nb	0.5	0.100	0.100	13	0.90	9	80	200	99.2	800	10	88	2		

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

50

【 表 2 】

表2 評価結果

	組成 (質量%)										D50/TD 10 ⁻⁵ m ⁴ /Mg	球形 度	m/n	Cu _h M _n サイズ nm	E. D. J/mm ³	相対 密度 %	熱処理		電気 伝導度 %IACS	評価
	元素—含有率					S											温度 °C	時間 h		
	Cr	Cr	Fe	Fe	Ni	Si	P	S	S	S										
比較例1	0.1	-	-	-	0.10	0.005	0.001	13	0.90	19	0.5	200	85.6	800	5	12	5			
比較例2	20.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	13	0.90	1.5	500	200	99.8	800	5	22	5			
比較例3	0.1	-	-	-	0.10	0.005	0.001	11	0.90	19	3	200	85.7	800	5	10	5			
比較例4	20.0	-	-	-	0.10	0.005	0.001	13	0.90	1.5	250	200	99.9	800	5	20	5			
比較例5	0.2	-	-	-	0.30	0.005	0.001	13	0.90	19	0.2	200	95.6	800	5	30	5			
比較例6	10.0	-	-	-	0.10	0.300	0.001	9	0.90	1.5	120	200	99.8	800	5	35	5			
比較例7	0.2	-	-	-	0.10	0.005	0.300	0.2	0.90	19	3	200	95.6	800	5	28	5			
比較例8	10.0	-	-	-	0.30	0.300	0.001	0.5	0.90	1.5	250	200	99.9	800	5	20	5			
比較例9	0.2	-	-	-	0.10	0.300	0.300	9	0.90	19	0.4	200	95.3	800	5	21	5			
比較例10	10.0	-	-	-	0.30	0.300	0.300	14	0.90	1.5	500	200	99.6	800	5	10	5			
比較例11	0.5	Fe 0.5	-	-	0.10	0.005	0.001	0.1	0.80	19	5	200	89.5	800	5	13	5			
比較例12	0.5	Zr 0.5	-	-	0.10	0.005	0.001	25	0.80	19	5	200	88.3	800	5	15	5			
比較例13	2.0	Ni 2.0	-	-	0.10	0.005	0.001	11	0.70	9	40	200	89.0	800	5	15	5			
比較例14	2.0	Nb 2.0	-	-	0.10	0.005	0.001	9	0.75	9	50	200	90.5	800	5	20	5			
比較例15	5.0	Zr 5.0	-	-	0.10	0.005	0.001	13	0.98	4	250	200	92.0	800	5	39	5			
比較例16	0.5	Ni 0.5	Zr 0.5	-	0.30	0.300	0.300	13	0.90	9	30	100	95.5	800	1	5	5			
比較例17	0.5	Fe 0.5	Nb 0.5	-	0.30	0.300	0.300	15	0.90	9	25	100	95.8	800	3	6	5			
比較例18	0.5	Zr 0.5	Nb 0.5	-	0.30	0.300	0.300	13	0.90	9	25	300	98.6	800	10	11	5			

10

20

30

40

【 0 0 6 0 】

表 1 及び 2 の評価結果から、本発明の優位性は明かである。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 1 】

本発明に係る粉末は、ノズルから粉末が噴射されるタイプの3Dプリンターにも適している。この粉末は、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にも適している。

50

フロントページの続き

審査官 藤長 千香子

- (56)参考文献 国際公開第2018/079002(WO, A1)
国際公開第2016/181924(WO, A1)
米国特許第09067262(US, B1)
国際公開第2019/230018(WO, A1)
国際公開第2018/079304(WO, A1)
中国特許出願公開第109112346(CN, A)
特開2019-077937(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B22F 1/00
C22C 9/06
B22F 3/16
H01B 1/02
C22C 9/00
B33Y 70/00