

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号
特表2020-511317
(P2020-511317A)

(43) 公表日 令和2年4月16日(2020.4.16)

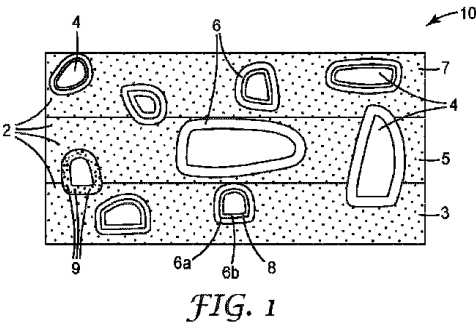
(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 4 D 3/06 (2006.01)	B 2 4 D 3/06 D	3 C 0 6 3
B 2 4 D 3/00 (2006.01)	B 2 4 D 3/00 3 3 0 D	4 C 0 5 2
B 2 3 K 26/21 (2014.01)	B 2 4 D 3/00 3 4 0	4 E 0 6 6
B 2 3 K 26/34 (2014.01)	B 2 4 D 3/00 3 2 0 B	4 E 1 6 8
B 2 3 K 15/00 (2006.01)	B 2 4 D 3/00 3 3 0 A	4 K 0 1 8
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 44 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-546850 (P2019-546850)	(71) 出願人 505005049
(86) (22) 出願日 平成30年1月25日 (2018.1.25)	スリーエム イノベイティブ プロパティ
(85) 翻訳文提出日 令和1年8月27日 (2019.8.27)	ズ カンパニー
(86) 国際出願番号 PCT/US2018/015134	アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3
(87) 国際公開番号 W02018/160297	- 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開日 平成30年9月7日 (2018.9.7)	フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ
(31) 優先権主張番号 62/464, 632	ム センター
(32) 優先日 平成29年2月28日 (2017.2.28)	(74) 代理人 100110803
(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)	弁理士 赤澤 太朗
(31) 優先権主張番号 62/549, 161	(74) 代理人 100135909
(32) 優先日 平成29年8月23日 (2017.8.23)	弁理士 野村 和歌子
(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)	(74) 代理人 100133042
	弁理士 佃 誠玄
	(74) 代理人 100171701
	弁理士 浅村 敬一
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メタルボンド研磨物品及びメタルボンド研磨物品の製造方法

(57) 【要約】

メタルボンド研磨物品、及び集束ビームを介してメタルボンド研磨物品を製造する方法が開示される。一態様では、メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。本方法により作製されたメタルボンド研磨物品は、弓状又は蛇行状の冷却チャネルを有する研磨物品、研磨セグメント、研磨ホイール、及び歯科用回転ツールを含み得る。更に、1つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップと、製造装置を用いて、付加製造プロセスによって、このデジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品を生成するステップと、を含む方法が提供される。メタルボンド研磨物



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

研磨粒子を内部に保持する金属バインダ材料を含むメタルボンド研磨物品であって、前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも 1 つのコーティングを含み、前記コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、前記少なくとも 1 つのコーティングは、0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有し、前記メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む、メタルボンド研磨物品。

【請求項 2】

前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも 2 つのコーティングを含み、第 1 のコーティングが研磨粒子表面と第 2 のコーティングとの間に配置され、前記第 2 のコーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、又はメタロイドを含む、請求項 1 に記載のメタルボンド研磨物品。

10

【請求項 3】

前記第 1 のコーティングは、タングステン、チタン、クロム、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、アルミニウム、鉄、コバルト、ニッケル、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、請求項 2 に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 4】

前記第 2 のコーティングは、1300 以上の融点、250 J/kg/K 以上の熱容量、200 W/m/K 以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する少なくとも 1 つの材料を含む、請求項 2 又は 3 に記載のメタルボンド研磨物品。

20

【請求項 5】

前記第 2 のコーティングは、タングステン、チタン、タンタル、モリブデン、ニオブ、ジルコニウム、バナジウム、クロム、銀、銅、ホウ素、鉄、ニッケル、コバルト、ケイ素、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 6】

前記第 1 のコーティングは、1 ナノメートル以上、10 マイクロメートル以下の厚さを有する、請求項 2 ~ 5 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

30

【請求項 7】

前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された単一のコーティングを含み、前記コーティングは、1600 以上の融点、400 J/kg/K 以上の熱容量、100 W/m/K 以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する少なくとも 1 つの材料を含む、請求項 1 に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 8】

前記研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方晶窒化ホウ素粒子の少なくとも一方を含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 9】

前記金属バインダ材料は、コバルト、クロム、青銅、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タングステン、チタン、マンガン、アルミニウム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

40

【請求項 10】

前記メタルボンド研磨物品は、研磨パッド、研磨研削ビット、研磨セグメント、及び研磨ホイールからなる群から選択される、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 11】

前記メタルボンド研磨物品は、歯科用バーである、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

50

【請求項 12】

前記少なくとも 1 つのコーティングの少なくとも一部分に接着された複数の金属ナノ粒子を更に含む、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 13】

前記メタルボンド研磨物品は、指向性エネルギーによって熔融された前記金属バインダ材料の複数のアーチファクトを、複数の層内に含む、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

【請求項 14】

前記メタルボンド研磨物品は、前記金属バインダ材料の連続相の中に埋め込まれた複数の金属バインダ粒子を含む、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載のメタルボンド研磨物品。

10

【請求項 15】

メタルボンド研磨物品の製造方法であって、

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、前記固まっていない粉末粒子は金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、前記固まっていない粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、前記堆積させるステップと、

ii) 粉末粒子と一緒に結合させるために、前記固まっていない粉末粒子の層のある領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと、

20

b) 前記結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、前記ステップ a) を独立して複数回実施するステップであって、前記ステップ a) の各々において、前記固まっていない粉末粒子が独立して選択される、前記実施するステップと、

c) 実質的に全ての前記残りの固まっていない粉末粒子を前記メタルボンド研磨物品から分離するステップであって、前記メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持された前記コーティングされた研磨粒子を含む、前記分離するステップと、

を逐次的に行なうステップ群を含む、方法。

【請求項 16】

30

前記集束ビームは、前記固まっていない粉末粒子に 1 平方ミリメートル当たり 1 . 2 ジュール (J / mm^2) 以下のエネルギー密度をもたらしレーザ照射を含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

d) 前記メタルボンド研磨物品を、熱間静水圧加圧法で加熱する、又は水素を含む雰囲気中若しくは不活性雰囲気中の炉内で加熱するステップを更に含む、請求項 15 又は 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記メタルボンド研磨物品は、直接的に金属支持体上に形成される、請求項 15 ~ 17 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 19】

メタルボンド研磨物品の製造方法であって、

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、前記固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、前記固まっていない粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、前記堆積させるステップと、

ii) 粉末粒子と一緒に結合させるために、前記固まっていない粉末粒子の層のある領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと、

50

b) 前記結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するために、前記ステップ a) を独立して複数回実施するステップであって、前記ステップ a) の各々において、前記固まっていない粉末粒子が、独立して選択される、前記実施するステップと、

c) 実質的に全ての前記残りの固まっていない粉末粒子を前記研磨物品プリフォームから分離するステップと、

d) 前記研磨物品プリフォームに、溶融した低融点金属を注入するステップであって、前記高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部は、前記溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、前記注入するステップと、

e) 前記メタルボンド研磨物品をもたらすために前記溶融した低融点金属を固化するステップと、

を逐次的に行なうステップ群を含む、方法。

【請求項 20】

メタルボンド研磨物品の製造方法であって、

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、前記固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子、低融点金属バインダ粒子、及びコーティングされた研磨粒子を含み、前記固まっていない粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、前記堆積させるステップと、

ii) 低融点金属バインダ粒子は溶融させるが、高融点金属バインダ粒子は溶融させずに粉末粒子と一緒に結合させるために、前記固まっていない粉末粒子の層のある領域を、集束ビームによる照射を用いて選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと、

b) 前記結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、前記ステップ a) を独立して複数回実施するステップであって、前記ステップ a) の各々において、前記固まっていない粉末粒子が独立して選択される、前記実施するステップと、

c) 実質的に全ての前記残りの固まっていない粉末粒子を前記メタルボンド研磨物品から分離するステップであって、前記メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持された前記コーティングされた研磨粒子を含む、前記分離するステップと、

を逐次的に行なうステップ群を含む、方法。

【請求項 21】

前記集束ビームが、レーザ照射又は電子線照射を含む、請求項 15、19、又は 20 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

メタルボンド研磨物品の三次元モデルを表すデータを有し、3Dプリンタとインタフェースする1つ以上のプロセッサによってアクセスされたときに、前記3Dプリンタに、研磨粒子を内部に保持する金属バインダ材料を含む前記メタルボンド研磨物品を作製させる非一時的機械可読媒体であって、前記研磨粒子物品は、内部に研磨粒子が保持された金属バインダ材料を含み、前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも1つのコーティングを含み、前記コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド又はこれらの組み合わせを含み、前記少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有し、前記メタルボンド研磨物品は、直接的に互いに結合された複数の層を含む、非一時的機械可読媒体。

【請求項 23】

非一時的機械可読媒体から、メタルボンド研磨物品の3Dモデルを表すデータを検索するステップであって、前記メタルボンド研磨物品は、研磨粒子を内部に保持する金属バインダ材料を含み、前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも1つのコーティングを含み、前記コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド又はこれらの組み合わせを含み、前記少なくとも1つのコーティングは、0.5マ

10

20

30

40

50

マイクロメートル以上の平均厚さを有する、前記検索するステップと、

製造装置とインタフェースする 3D 印刷アプリケーションを、前記データを使用して、1 つ以上のプロセッサによって実行するステップと、

前記製造装置により、前記メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを生成するステップと、を含む方法。

【請求項 24】

請求項 23 に記載の方法を用いて生成されたメタルボンド研磨物品。

【請求項 25】

メタルボンド研磨物品の形成方法であって、

1 つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップであって、前記メタルボンド研磨物品は、研磨粒子を内部に保持する金属バインダ材料を含み、前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも 1 つのコーティングを含み、前記コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、前記少なくとも 1 つのコーティングは、0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有する、前記受信するステップと、

前記デジタルオブジェクトに基づいた前記メタルボンド研磨物品を、付加製造プロセスによって前記製造装置で生成するステップと、

を更に含む方法。

【請求項 26】

前記付加製造プロセスは、

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、前記固まっていない粉末粒子は、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、前記固まっていない粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、前記堆積させるステップと、

i i) 粉末粒子と一緒に結合させるために、前記固まっていない粉末粒子の層のある領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと、

b) 前記結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、前記ステップ a) を独立して複数回実施するステップであって、前記ステップ a) の各々において、前記固まっていない粉末粒子が独立して選択される、前記実施するステップと、

を逐次的に行なうステップ群を含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

c) 実質的に全ての前記残りの固まっていない粉末粒子を前記メタルボンド研磨物品から分離するステップであって、前記メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持された前記コーティングされた研磨粒子を含む、前記分離するステップを更に含む、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

メタルボンド研磨物品プリフォームの形成方法であって、

メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを、1 つ以上のプロセッサを有する製造装置によって受信するステップと、

前記デジタルオブジェクトに基づいて前記メタルボンド研磨物品の前記メタルボンド研磨物品プリフォームを、付加製造プロセスによって前記製造装置を用いて生成するステップと、を含む、

前記付加製造プロセスは、

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、前記固まっていない粉末粒子は高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み

10

20

30

40

50

、前記固まっていない粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、前記堆積させるステップと、

i i) 粉末粒子と一緒に結合させるために、前記固まっていない粉末粒子の層のある領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと、

b) 前記結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するために、前記ステップ a) を独立して複数回実施するステップであって、前記ステップ a) の各々において、前記固まっていない粉末粒子が独立して選択される、前記実施するステップと、を含む、方法。

【請求項 29】

c) 実質的に全ての前記残りの固まっていない粉末粒子を前記研磨物品プリフォームから分離するステップと、

d) 前記研磨物品プリフォームに、溶融した低融点金属を注入するステップであって、前記高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部は、前記溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、前記注入するステップと、

e) メタルボンド研磨物品を提供するために、前記溶融した低融点金属を固化するステップと、

を更に含む、請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】

メタルボンド研磨物品の 3D モデルを表示するディスプレイと、

前記メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを、ユーザによって選択された前記 3D モデルに応じて、3D プリンタに作製させる 1 つ以上のプロセッサとを備えるシステムであって、

前記メタルボンド研磨物品は、

研磨粒子を内部に保持する金属バインダ材料を含み、前記研磨粒子は、前記研磨粒子上に配置された少なくとも 1 つのコーティングを含み、前記コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド又はこれらの組み合わせを含み、前記少なくとも 1 つのコーティングは、0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有する、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して、メタルボンドマトリックス内の研磨粒子を有する研磨物品、及びそのような物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、メタルボンド研磨部品は、ダイヤモンド、酸化アルミニウム、cBN、又は他の砥粒などの研磨グリットを、金属粉末若しくは合金（例えば、タングステン、コバルト、ニッケル、青銅、銅、スズ、亜鉛、鉄、ステンレス鋼、銀など）又は充填剤粉末（例えば、炭化物、酸化物、グラファイト）及びこれらの組み合わせと混合するステップにより製造されている。細孔誘導剤及び一時的バインダを添加してもよい。この混合物を、次いで、離型剤で噴霧された成形型の中に導入する。

【0003】

1 つのプロセスタイプ（タイプ 1）では、粉末をその場所に維持し、いかなる相対運動をも回避するために、成形型を冷圧プレス機でプレスする。次いで、成形型を炉内に配置して、混合物に応じて適切な温度及び時間まで加熱し、必要なサイズが実現されるまで再び冷圧プレスでプレスする。加熱及び加圧は、圧力及び温度と一緒に加えながら、加熱したプレス機で直接一緒に行なうことができる。このような場合、加熱プロセスは、誘導加熱、対流加熱、ジュール効果加熱、輻射加熱、又は他のものであり得る。焼結プロセスは、直接、成形型内で行われる。完了したら、十分に冷却した後には部品は離型される。

【0004】

別のタイプのプロセス（タイプ2）では、そのとき、成形型はプレス機で圧縮され、成形されたグリーン体が形成される。次いで、グリーン体を成形型から取り出し、続いて、通常は還元雰囲気又は中性雰囲気下の炉内において高温で加熱して金属組成物の一部を焼結するか、又は溶融した金属を注入する。

【0005】

両タイプのプロセスでは、焼結は、Randal l M. Germanによって、「Sintering: from Empirical Observations to Scientific Principles」(Elsevier - 2014)に記載されているように、液相を有するか又は融液相を有する定常状態で行なうことができる。

10

【発明の概要】

【0006】

第1の態様では、メタルボンド研磨物品が提供される。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。

【0007】

第2の態様では、メタルボンド研磨物品の製造方法が提供される。方法は逐次的に行なうステップ群を含みステップ群は、a) i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して粉末粒子と一緒に結合させるステップと、を含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含むメタルボンド研磨物品を生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、各ステップa)において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップを更に含む。本方法はまた、c) 実質的に全ての残りの固まっていない粉末粒子を、メタルボンド研磨物品から分離するステップを更に含む。メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む。

20

30

【0008】

第3の態様では、メタルボンド研磨物品の別の製造方法が提供される。方法は逐次的に行なうステップ群を含み、ステップ群は、a) i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、ii) 粉末粒子と一緒に結合させるために、固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、各ステップa)において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップを更に含む。方法はまた、c) 実質的に全ての残りの固まっていない粉末粒子を研磨物品プリフォームから分離するステップを含む。加えて、本方法は、d) 研磨物品プリフォームに溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部が、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、e) 溶融した低融点金属を固化してメタルボンド研磨物品を提供するステップと、を含む。

40

【0009】

第4の態様では、メタルボンド研磨物品の更なる製造方法が提供される。方法は、逐次的なステップ群を含み、逐次的なステップ群は、a) i) 固まっていない粉末粒子層を領

50

域内に堆積させるステップ、を逐次的に含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子、低融点金属バインダ粒子、及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。サブプロセスはまた、i i) 低融点金属バインダ粒子は溶融させるが、高融点金属バインダ粒子は溶融させずに、粉末粒子と一緒に結合させるために、固まっていない粉末粒子層のある領域を、集束ビームによる照射を用いて選択的に処理するステップを含む。方法は、b) 結合された粉末粒子及び残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップを更に含む。各ステップa)では、固まっていない粉末粒子が独立して選択される。方法は加えて、実質的に全ての残りの固まっていない粉末粒子をメタルボンド研磨物品から分離するステップを含む。メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む。

10

【0010】

第5の態様では、非一時的機械可読媒体が提供される。非一時的機械可読媒体は、3Dプリンタとインタフェースする1つ以上のプロセッサによってアクセスされたときに、メタルボンド研磨物品の三次元モデルを表すデータを有し、メタルボンド研磨物品を3Dプリンタに作製させる。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。

20

【0011】

第6の態様では、別の方法が提供される。方法は、非一時的機械可読媒体から、メタルボンド研磨物品の3Dモデルを表すデータを検索するステップを含む、方法である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。方法は、1つ以上のプロセッサによって、データを使用して製造装置とインタフェースする付加製造アプリケーションを実行するステップと、製造装置によって、メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを生成するステップと、を更に含む。

30

【0012】

第7の態様では、メタルボンド研磨物品の別の形成方法が提供される。方法は、1つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップを含む、方法である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。方法は、付加製造プロセスによって、製造装置を用いてデジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品を生成するステップを更に含む。

40

【0013】

第8の態様では、メタルボンド研磨物品プリフォームの製造方法が提供される。方法は、1つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップを含む、方法である。方法は、製造装置で、付加製造プロセスによって、デジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品のメタルボンド研磨物品プリフォームを生成するステップを更に含む。付加製造プロセスはa) 逐次的に、i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、i i) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して粉末粒子と一緒に結合させるステップと、を含むサブプロセスを含む、逐次的なス

50

テップ群を含む。固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するステップであって、各ステップ a) において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、生成するステップを更に含む。方法はまた、c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを研磨物品プリフォームから分離するステップを含む。任意選択的に、本方法は、d) 研磨物品プリフォームに溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部が、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、e) 溶融した低融点金属を固化してメタルボンド研磨物品を提供するステップと、を更に含む。

10

【0014】

第9の態様では、システムが提供される。このシステムは、メタルボンド研磨物品の3Dモデルを表示するディスプレイと、ユーザによって選択された3Dモデルにตอบสนองして、メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを3Dプリンタに作製させる、1つ以上のプロセッサと、を含む。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。

20

【0015】

本開示の特徴及び利点は、詳細な説明及び添付の特許請求の範囲を考慮することにより更に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本開示により作製可能な例示的なメタルボンド研磨物品の概略側断面図である。

【図2】本開示によるメタルボンド研磨物品の内部の光学顕微鏡画像である。

【図3】従来技術によるメタルボンド研磨物品の内部の光学顕微鏡画像である。

【図4】本開示による別のメタルボンド研磨物品の内部の光学顕微鏡画像である。

【図5】本開示の方法により作製可能な例示的な歯科用バー500の概略斜視図である。

30

【図6】本開示により作製可能な例示的なメタルボンド研磨ホイール600の概略平面断面図である。

【図7】本開示により作製可能な例示的なメタルボンド研磨ホイール700の概略平面断面図である。

【図8】本開示により作製可能な例示的なメタルボンド研磨セグメント800の概略斜視図である。

【図9】本開示により作製可能な例示的なメタルボンド研磨ホイール900の概略斜視図である。

【図10】本開示によるメタルボンド研磨物品の製造方法の概略プロセスフロー図である。

40

【図11A】金属粒子を含有する注入トレイ、及び注入トレイ内に配置されるメタルボンド研磨物品の概略側断面図である。

【図11B】注入トレイ内で溶融した金属が注入されているメタルボンド研磨物品の概略側断面図である。

【図12】本開示に従って作製された例示的な注入されたメタルボンド研磨物品の、注入トレイから取り外された後の斜視図である。

【図13】本開示に従って作製された例示的なダブル六角形セグメントの平面図である。

【図14A】本開示に従って作製可能な、中央開口部を有する円形状を有する3つの例示的なメタルボンド研磨物品の概略斜視図である。

【図14B】図14Aの例示的なメタルボンド研磨物品のうちの1つの溝付き表面の一部

50

の概略斜視図である。

【図 1 5】本開示に従って作製された、リム形状のセグメントを有する例示的なメタルボンド研磨物品の概略斜視図である。

【図 1 6 A】本開示に従って作製された、金属ピン上に直接的に形成された 4 つの例示的な歯科用バーの斜視図である。

【図 1 6 B】本開示に従って作製された、例示的な溝付き歯科用バーの斜視図である。

【図 1 7 A】本開示による例示的なメタルボンド研磨物品を支持体上に直接的に印刷するためのプラットフォームの斜視図である。

【図 1 7 B】本開示による例示的なメタルボンド研磨物品を支持体上に直接的に印刷するためのプラットフォームの一部の斜視図であり、プラットフォームに配置された図 1 6 A の 4 つの例示的な歯科用バーを含む。

【図 1 8】本開示に従って作製された例示的な歯科用バー、及び対照用歯科用バーについての切削速度対時間のグラフである。

【図 1 9】本開示に従って作製された例示的な歯科用バー、及び対照用歯科用バーについての累積切削対時間のグラフである。

【図 2 0】本開示に従って作製可能な、例示的なカップ研削ホイールの概略斜視図である。

【図 2 1】本開示に従って作製された、銅及び銀のナノ粒子でコーティングされた例示的なダイヤモンドの斜視図である。

【図 2 2】本開示に従って作製された、ステンレス鋼製のビルドプレート上に印刷された 2 つの例示的な研磨ホイールの斜視図である。

【図 2 3】物品の付加製造のための一般化されたシステム 2 3 0 0 のブロック図である。

【図 2 4】メタルボンド研磨物品のための一般化された製造プロセスのブロック図である。

【図 2 5】例示的な物品製造プロセスの高レベルフローチャートである。

【図 2 6】例示的な物品付加製造プロセスの高レベルフローチャートである。

【図 2 7】例示的なコンピューティングデバイス 2 7 0 0 の概略正面図である。

【0 0 1 7】

明細書及び図面中の参照文字が繰り返して使用されている場合、本開示の同じ又は類似の特徴又は要素を表すことを意図している。図面は、縮尺どおりに描かれていない場合がある。多くの他の変更形態及び実施形態を当業者であれば考案することができ、それらは本開示の原理の趣旨及び範囲に入ることは理解されるべきである。図面は、縮尺どおりに描かれていない場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 8】

本開示は、メタルボンド研磨物品及びメタルボンド研磨物品の製造方法を提供する。本方法は、成形型で作製可能ではない固有の形状を作製できるなどの、成形方法に勝る利点を有する付加製造方法を含む。

【0 0 1 9】

第 1 の態様では、メタルボンド研磨物品が提供される。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも 1 つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも 1 つのコーティングは、0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。より具体的には、図 1 を参照すると、メタルボンド研磨物品 1 0 は、その中に保持された研磨粒子 4 を有する金属バインダ材料 2 を含み、研磨粒子 4 は、その上に配置された少なくとも 1 つのコーティング 6 を含み、コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも 1 つのコーティング 6 は、0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有し、メタルボンド研磨物品 1 0 は、互いに直接的に結合された複数の層 3、

10

20

30

40

50

5、7を含む。研磨粒子は、例えば、米国特許出願公開第2008/0187769(A1)(Huzinec)又は米国特許第2,367,404号(Kott)、に記載されるようにコーティングされてもよい。

【0020】

図1に示すように、特定の層のコーティングされた粒子の少なくとも一部は、物品の製造中に隣接する層に押し付けられて中に入るなどによって、結局、隣接する層の中に部分的に配置されてもよい。更に、コーティングされた粒子のいくつかは、コーティングされた粒子の配置に起因して、及び/又はコーティングされた粒子の少なくとも1つの寸法が層の厚さよりも大きいことに起因して、層の上面の上方に突出していてもよい。

【0021】

いくつかの実施形態では、研磨粒子4は、その上に配置された少なくとも2つのコーティング6a、6bを含み、第1のコーティング6aは、研磨粒子表面8と第2のコーティング6bとの間に配置され、第2のコーティング6bは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、又はメタロイドを含む。典型的には、第1のコーティング6aは、第2のコーティングとは異なる組成を含む。ある特定の実施形態では、第1のコーティング6aは、タングステン、チタン、クロム、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、アルミニウム、鉄、コバルト、ニッケル、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む。多くの場合、第1のコーティングは、研磨粒子表面と第2のコーティングとの間の接触を強化するために用いられる。この理由から、第1のコーティングは薄くてもよく、例えば、1ナノメートル(nm)以上、2nm以上、5nm以上、10nm以上、15nm以上、25nm以上、50nm以上、100nm以上、500nm以上の厚さ、又は1マイクロメートル(μm)以上、及び10μm以下、8μm以下、5μm以下、又は2μm以下の厚さを有してもよい。別の言い方をすれば、第1のコーティングは、1ナノメートル以上、10マイクロメートル以下、又は1nm以上、1μm以下の厚さを有してもよい。

【0022】

1つ以上のコーティングを、研磨粒子上へのコーティング材料の電気めっき、化学蒸着、又は物理蒸着など(例えば、米国特許第7,727,931号(Breyer)又は米国特許第4,612,242号(Vesley)に記載されているように)、研磨粒子上へのコーティング材料の溶液からの化学堆積、又は研磨粒子を粉末コーティング材料及び

【0023】

特定の研磨粒子(例えば、ダイヤモンド)は、集束エネルギービームを用いる付加製造方法を使用してメタルボンド研磨物品を作製する場合に、損傷を受けやすい可能性がある。研磨粒子の表面上でのコーティングの使用は、集束ビームへの曝露中に研磨粒子に伝達される熱の量を最小限に抑え得ることが見出されている。コーティングは、プロセス中に複数の方法で、すなわち、集束ビームを反射すること、エネルギーを吸収すること、及び研磨粒子を熱から絶縁すること、により研磨粒子を保護することができる。例えば、全ての金属は、特に金属表面が平滑である場合に、選択的レーザ溶融(例えば、約1064nm)に使用されるレーザ波長をかなりの程度で反射する。したがって、単一のμmの厚さのコーティングでさえレーザに対して透明ではない。反射された光は、周囲の金属粉末によって吸収される場合があるが、更に部分的に反射されて粒子に戻る。第2に、コーティングはまた、熱を吸収する。同じ量の光が吸収された場合、コーティングも加熱されなければならないため、研磨粒子の温度上昇は小さくなる。大部分のエネルギーは、相変化、例えばコーティングの融解によって消費される。研磨粒子が浸食される前に溶融するコーティングが多くエネルギーを消費し得るが(例えば、1000~1500の範囲)、コーティングがなければそのエネルギーが研磨粒子を加熱するであろう。これに対して、レーザがコーティングに2度目に当たると、急速に溶融するコーティングは研磨粒子を保護することはできない。第3に、コーティングは研磨粒子を熱から絶縁することができ、特に、研磨粒子の粒子表面で加熱し得る、より厚いコーティングではそうであるが、この

10

20

30

40

50

熱はレーザが既に移動してしまう前に研磨粒子に伝導されることはない。スポットにおけるレーザの一般的な滞留時間は60 μ s未満であり、例えば、コバルトの熱伝導率は、例えばダイヤモンドの熱伝導率の20分の1である。

【0024】

多くの場合、メタルボンド研磨物品の付加製造中に集束エネルギービームから研磨粒子を保護するために、第2のコーティングが使用される。摂氏1300以上の融点、250 J/kg/K以上の熱容量、200 W/m/K以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する、少なくとも1つの材料を含むコーティング（例えば、第2のコーティング）を設けることで、メタルボンド研磨物品の付加製造中に研磨粒子を損傷から保護することに成功し得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティングは、タングステン、チタン、タンタル、モリブデン、ニオブ、ジルコニウム、バナジウム、クロム、銀、銅、ホウ素、鉄、ニッケル、コバルト、ケイ素、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む。ある特定の実施形態では、第2のコーティングは、100 nm以上、250 nm以上、500 nm以上、750 nm以上、1 μ m以上、又は2 μ m以上の厚さ、及び50 μ m以下、40 μ m以下、30 μ m以下、25 μ m以下、20 μ m以下、15 μ m以下、10 μ m以下、又は5 μ m以下の厚さを有する。別の言い方をすれば、第2のコーティングは、100 nm以上50 μ m以下、100 nm以上20 μ m以下、又は25 μ m以上50 μ m以下の厚さを有してもよい。

10

【0025】

いくつかの実施形態では、本開示によるメタルボンド研磨物品の研磨粒子は、その上に配置された1つのコーティングのみを含む。図1を参照すると、層5は研磨粒子4を含み、研磨粒子4はその外面上に単一のコーティング6を有する。このような実施形態では、コーティングは、1600以上の融点、400 J/kg/K以上の熱容量、100 W/m/K以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する、少なくとも1つの材料を含む。それに応じて、単一のコーティングは、メタルボンド研磨物品の付加製造中に、集束ビームの効果の少なくともいくつかから、研磨粒子を保護する。研磨粒子が1つのコーティングのみでコーティングされる場合、任意選択的に、コーティングは、ニッケル、銅、チタン、クロム、タングステン、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、鉄、アルミニウム、コバルト、ニッケル、耐熱性超合金、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む。本明細書で使用する場合、「超合金」は、機械的強度と表面劣化への耐性とを併せ持つ、ニッケル、ニッケル-鉄、又はコバルトをベースとする耐熱性合金として、N. S. Stoloffによって、「Wrought and Powder Metallurgy (P/M) Superalloys」において定義される合金を指す。(ASM Handbook, Volume 1: Properties and Selection: Iron, Steels, and High-Performance Alloys - Section: Specialty Steels and Heat Resistant Alloys, 1990, pp. 950-980)。Stoloffによって引用される合金は、その定義に含まれ、例えば、Haynes International (Kokomo, IN) から商標名HASTELLOYにて入手可能なニッケル-クロム-モリブデン合金が含まれる。典型的には、単一コーティングは、100 nm以上、250 nm以上、500 nm以上、750 nm以上、1 μ m以上、又は2 μ m以上の厚さ、及び50 μ m以下、40 μ m以下、30 μ m以下、25 μ m以下、20 μ m以下、15 μ m以下、10 μ m以下、又は5 μ m以下の厚さを有する。別の言い方をすれば、第2のコーティングは、100 nm以上50 μ m以下、100 nm以上20 μ m以下、2 μ m以上50 μ m以下、又は25 μ m以上50 μ m以下の厚さを有してもよい。

20

30

40

【0026】

研磨粒子は、研磨剤産業において用いられる任意の研磨粒子を含み得る。好ましくは、研磨粒子は、少なくとも4、好ましくは、少なくとも5、より好ましくは、少なくとも6、より好ましくは、少なくとも7、より好ましくは、少なくとも8、より好ましくは、少

50

なくとも 8.5、及びより好ましくは、少なくとも 9 のモース硬度を有する。ある特定の
実施形態では、研磨粒子は超研磨粒子を含む。本明細書で使用する時、用語「超研磨」
は、炭化ケイ素の硬度以上の硬度を有する任意の研磨粒子（例えば、炭化ケイ素、炭化ホ
ウ素、立方晶窒化ホウ素、及びダイヤモンド）を指す。

【0027】

好適な研磨材料の具体的な例としては、酸化アルミニウム（例えば、アルファアルミナ）
材料（例えば、溶融され熱処理されたセラミック、及び/又は焼結された酸化アルミニ
ウム材料）、炭化ケイ素、二ホウ化チタン、窒化チタン、炭化ホウ素、炭化タングステン
、炭化チタン、窒化アルミニウム、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素、ガーネット、溶融
されたアルミナ-ジルコニア、ゾルゲル法による研磨粒子、酸化セリウム、酸化ジルコニ
ウム、酸化チタン、及びそれらの組み合わせが挙げられる。米国特許第 4,314,827 号（Leitheiser ら）、同第 4,623,364 号（Cottringer ら）、同第 4,744,802 号（Schwabel）、同第 4,770,671 号（Monroe ら）、及び同第 4,881,951 号（Monroe ら）に、ゾルゲル由来研
磨粒子の例を見出すことができる。ガラス質ボンドマトリックス中により微細な研磨粒子を
含む凝集研磨粒子（例えば、米国特許第 6,551,366 号（D'Souza ら）に記載されてい
るとおりの）も同様に用いられ得る。選択された実施形態では、研磨粒子は、
ダイヤモンド粒子、立方晶窒化ホウ素粒子、又はその両方を含む。いくつかの実施形態で
は、研磨粒子は、炭化ケイ素、炭化ホウ素、窒化ケイ素、金属酸化物セラミック粒子、金
属窒化物セラミック粒子、又は金属炭化物セラミック粒子を含む。ある特定の実施形態で
は、研磨粒子はダイヤモンドを含み、少なくとも 1 つのコーティングは金属炭化物を含む
。ある特定の実施形態では、研磨粒子は立方晶窒化ホウ素を含み、少なくとも 1 つのコー
ティングは金属窒化物を含む。

10

20

【0028】

研磨粒子は任意選択的に、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子を含み、第 1 の研磨粒子
及び第 2 の研磨粒子は、メタルボンド研磨物品内の分散した所定の異なる領域に配置され
る。これは、メタルボンド研磨物品の特定の領域が、特定の研磨用途のために異なるレベ
ルの研磨を必要とする場合に有利であり得る。異なる領域は、層、例えば、付加製造を使
用して個別に堆積される別々の層であってもよい。再び図 1 を参照すると、いくつかの実
施形態では、層 3 は、隣接する層 5 内にある研磨粒子 4 とは異なる組成を有する研磨粒子
4 を含む。

30

【0029】

再び図 1 を参照すると、ある特定の実施形態では、メタルボンド研磨物品は、少なくと
も 1 つのコーティングの少なくとも一部分に被着された複数の金属ナノ粒子 9 を更に含む
。予想外に判明したことは、研磨粒子コーティングに金属ナノ粒子を被着させない同じ物
品と比較して、金属ナノ粒子の添加がメタルボンド研磨物品の研磨性能の向上をもたら
し得ることである。これは、例えば、以下の例 7 に例示される。

【0030】

メタルボンド研磨物品中の金属バインダ材料は、多くの場合、コバルト、クロム、青銅
、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タングステン、チタン、マンガン、アルミニウ
ム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む。
ある特定の実施形態では、金属バインダ材料は、アルミニウム合金、銅、銅-銀合金、銅
-リン合金、ニッケル-リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を更に含む。

40

【0031】

複数の層は、付加製造を用いて層ごとの形態でメタルボンド研磨物品を形成したことを
示す。図 2 を参照すると、メタルボンド研磨物品 20 の一部分が 150 倍の倍率での光学
顕微鏡画像に示されている。メタルボンド研磨物品 20 は、付加製造ビルド層に垂直に割
られており、画像上に描かれた線 21 は、いくつかの層の全体的な方向を示す。これは、
成形型内で焼結するステップによって作製されたメタルボンド研磨物品とは対照的である
。例えば、図 3 は、図 2 のメタルボンド研磨物品 20 と同じ方向に割られた、成形された

50

メタルボンド研磨物品 30 の 800 倍の倍率での光学顕微鏡画像である。メタルボンド研磨物品 30 には規則的な層の線が存在しない。加えて、ある特定の実施形態では、本開示によるメタルボンド研磨物品は、複数の層内に、金属バインダ材料に指向性エネルギーによる溶融の複数のアーチファクトを含む。このようなアーチファクトは任意選択的に、金属バインダ材料の逐次相、及び別個の金属バインダ粒子の両方の存在を含む。例えば、図 4 を参照すると、金属バインダ材料 44 の逐次相の中に埋め込まれた複数の金属バインダ粒子 42 を含む、例示的なメタルボンド研磨物品 40 の 800 倍の倍率での光学顕微鏡画像が提供される。

【0032】

図 2 及び図 4 に示すメタルボンド研磨物品の内部の画像において、多孔性の存在が明らかである。ある特定の実施形態では、メタルボンド研磨物品は、10 以上、30 体積 % 以下の空隙率を有する多孔性の金属含有マトリックスを含む。これは、10 体積 % 未満の空隙率を有する、より高密度の物品、及び 30 体積 % を超える空隙率を有する、より多孔性の物品とは対照的である。特定の研磨用途（例えば、クリープフィード研削又は小さな空洞内の深溝研削）では、10 ~ 30 体積 % の空隙率を有するメタルボンド研磨物品を使用することが有益であり得る。空隙率は、研磨層の測定された密度を理論的な完全圧縮密度と比較することによって決定することができ、これは、同じ構成要素及びそれらの同じ重量パーセントに対して得られる。1 からこの比率を引いたものが空隙率の定義である。この方法が適用できない状況では、表面の画像解析が実行され、空隙の表面と、検査された全表面とを比較する。

10

20

【0033】

本開示の方法により作製可能なメタルボンド研磨物品としては、本質的に、既知の任意のメタルボンド研磨物品、例えば、研磨パッド、研磨研削ビット、研磨セグメント、及び研磨ホイールが挙げられる。一部の好ましい実施形態では、メタルボンド研磨物品は、歯科用回転ツール（例えば、歯科用ドリルビット、歯科用バー、又は歯科用艶出しツール）の少なくとも一部分を構成する。例示的な歯科用バー 500 を図 5 に示す。ここで図 5 を参照すると、歯科用バー 500 は、軸 520 に固定されたヘッド 530 を含む。歯科用バー 500 は、多孔性のメタルボンド材料 510 に固定された複数の研磨粒子 505 を含む。更なる例示的な歯科用バーを図 16A 及び図 16B に示す。図 16A は、4 つの例示的な歯科用バーを示し、それぞれが金属ピンに取り付けられ、1 つはテーパ形状（1601）を有し、1 つは円筒形状（1602）を有し、1 つはボール形状（1603）を有し、1 つは火炎形状（1604）を有する。図 16B は、溝付き形状（1607、1608）を有する 2 つの例示的な歯科用バーを示す。金属ピンに取り付けられた歯科用バー（1608）は、テーパ状の溝付き形状を有する。

30

40

【0034】

有利なことに、本開示による方法は、他の方法により簡単に又は容易に製造できない各種のメタルボンド研磨物品の製造に適している。例えば、結合していない固まっていない粉末の除去のための研磨剤プリフォームの外部への開口部が存在している限り、内部空隙を含むことが可能である。したがって、本開示の方法を用いて、蛇行状及び又は弓状経路を有する冷却チャネルを容易に製作することができる。冷却チャネルは、メタルボンド研磨物品の外部に対して開いている。いくつかの実施形態では、それらは単一の開口部を有するが、より典型的には、それらは 2 つ以上の開口部を有する。冷却媒体（例えば、空気、水又は油）が冷却チャネル（単数又は複数）を通して循環し、研削の間に発生した熱を除去する。

【0035】

ここで図 6 を参照すると、例示的なメタルボンド研磨ホイール 600 は、弓状の冷却チャネル 620 を有する。同様に、例示的なメタルボンド研磨ホイール 700（図 7 に示される）は、蛇行状の冷却チャネル 720 を有する。

【0036】

図 8 は、例示的なメタルボンド研磨セグメント 800 を示す。典型的な使用においては

50

、複数のメタルボンド研磨セグメント 800 を、金属ディスクの周縁に沿って一様に間隔を設けて取り付け、研磨ホイールを形成する。

【0037】

選択された実施形態では、メタルボンド研磨物品は、1つ以上の、六角形セグメント（例えば、図13を参照）、直線セグメント、螺旋状セグメント、不規則形状のセグメント、不完全なリング（例えば、図15を参照）、溝及び/又は穴を有する逐次リム（例えば、図12及び図14Aを参照）、又はこれらの組み合わせを備える。

【0038】

本開示によるメタルボンド研磨物品の製造方法は、共通の積層サブプロセスを含む。サブプロセスは、少なくとも3つのステップを逐次的に、好ましくは逐次的に（ただし、必須ではない）実施することを含む。

【0039】

第2の態様では、メタルボンド研磨物品の製造方法が提供される。方法は、

a)

i) 固まっていない粉末粒子層を領域に堆積させるステップであって、固まっていない粉末粒子は金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する、堆積させるステップ、及び、

ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して、粉末粒子と一緒に結合させるステップ、を含むサブプロセスと、

b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、各ステップa)において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップと、

c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てをメタルボンド研磨物品から分離するステップであって、メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む、分離するステップと、を逐次的に行なうステップ群を含む。

【0040】

図10は、メタルボンド研磨物品の製造に使用される例示的な付加製造プロセス100を概略的に図示している。第1のステップでは、固まっていない粉末粒子110の層138を、可動ピストン122aを有する粉末槽120aから、可動ピストン122bを有する粉末槽120bの領域140に堆積させる。ある特定の実施形態では、固まっていない粉末粒子は、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。図10に示す実施形態では、領域は限定された領域であるが、固まっていない粉末粒子が限定された領域に配置される必要はない。例えば、固まっていない粉末粒子のマウンドは、粒子のマウンドの面積よりも大きい領域に配置されてもよい。

【0041】

層138は、実質的に均一な厚さとするべきである。例えば、層の厚さは、例えば50µm以下、40µm以下、30µm以下、20µm以下、又は10µm以下に変動してもよい。層は、集束ビームが適用される場所にある固まっていない粉末の全てを集束ビームが結びつけることができる限り、最大約1ミリメートルのいかなる厚さを有してもよい。好ましくは、層の厚さは、約10µm～約500µm、より好ましくは、約10µm～約250µm、より好ましくは、約20µm～約250µmである。

【0042】

微細な解像度を実現するために、固まっていない粉末粒子は、400µm以下、好ましくは250µm以下、より好ましくは200µm以下、より好ましくは150µm以下、100µm以下、又は更に80µm以下、の最大サイズを有するように（例えば、スクリーニングによって）サイズを決定することが好ましいが、より大きいサイズを使用してもよい。金属バインダ粒子、研磨粒子、及びあらゆる任意選択の追加的な粒子成分は、同じ、又は異なる最大粒子サイズ、 D_{90} 、 D_{50} 、及び/又は D_{10} 粒径分布パラメータを有し得る。

10

20

30

40

50

【0043】

固まっていない粉末粒子は、任意選択的に、例えば、細孔誘導剤、フィラー、及び/又は融剤粒子などの他の成分を更に含んでもよい。細孔誘導剤の例としては、グラスバブルズ及び有機粒子が挙げられる。いくつかの実施形態では、低融点金属粒子は、存在する場合は、例えば米国特許第6,858,050号明細書(Palmgren)に記載されるように、融剤の役割を果たす場合もある。

【0044】

固まっていない粉末粒子は、任意選択的に、それらの流動性及び層の展開の均一性を向上するために改質されていてもよい。粉末の改良方法としては、凝集、噴霧乾燥、ガス噴霧又は水噴霧、フレイム形成、粒状化、ミリング加工、及び篩分けが挙げられる。追加的に、例えば、ヒュームドシリカ、ナノシリカ、ステアリン酸塩類、及びデンプンなどの流動剤が任意選択的に添加されてもよい。

10

【0045】

次に、集束ビーム170が、層138の所定の領域(単数又は複数)180に向けられる。典型的には、集束ビーム170は、エネルギー源160をミラー150と結合することによって提供される。ある特定の実施形態では、ミラー150は、ガルバノミラースキャナである。レーザ及び電子線源の両方が、エネルギーのビームを放出することができる。好適なエネルギー源160は、限定するものではないが、例えば、ファイバレーザ、CO₂レーザ、ディスクレーザ、及び固体レーザを含み、好適な電子線(例えば、電子線)は、Arcam Q10plus、Arcam Q20plus、及びArcam A2(Arcam AB、Molndal、Sweden)の商標名で入手可能である。ある特定の実施形態では、集束ビームは、平方ミリメートル当たり1.2ジュール(J/mm²)以下、1.0 J/mm²以下、0.5 J/mm²以下、又は0.1 J/mm²以下のエネルギー密度を、固まっていない粉末粒子に供給するレーザ照射を含む。他の実施形態では、集束ビームは、1.2 J/mm²以下のエネルギー密度(例えば、最大3,000 Wの電力及び150~200マイクロメートルのビーム径)を供給する電子線放射を含む。

20

【0046】

図10を再び参照すると、集束ビーム170(ステップ190)は、固まっていない粉末粒子の少なくとも1つの所定の領域にある固まっていない粉末粒子を結合させて、例えば、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子の選択的金属焼結によって、結合された粉末粒子の層を形成する。

30

【0047】

次いで、上記のステップは、3次元(3D)研磨物品において、繰り返しにより得られる所定のデザインに従ってビームが集束される領域を変更しながら、層ごとに繰り返される(ステップ185)。各繰り返しにおいて、固まっていない粉末粒子は独立して選択されてもよく、すなわち、固まっていない粉末粒子は、隣接する堆積層と同じであっても異なってもよい。

【0048】

本開示を実施するのに好適な付加製造装置は、例えば、Realizer GmbH(Borchen, Germany)から、又はEOS GmbH Electro Optical Systems(Krailling, Germany)から市販品として入手可能である。

40

【0049】

メタルボンド研磨物品は、結合された粉末粒子及び残りの固まっていない粉末粒子を含む。メタルボンド研磨物品を形成するために十分な繰り返しを実施した後、同物品を、残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全て(例えば、少なくとも85パーセント、少なくとも90パーセント、好ましくは少なくとも95パーセント、より好ましくは少なくとも99パーセント)から分離することが好ましいが、これは必要条件ではない。

【0050】

50

所望に応じて、異なる粉末を各々に含有する複数の粒子貯蔵槽を使用してもよい。同様に、共通エネルギー源からの集束ビーム、又は好ましくは別個のエネルギー源を介した集束ビームのいずれかの、複数の異なる集束ビームを使用してもよい。これによって、メタルボンド研磨物品に、異なる個別の領域に分布した、異なる粉末がもたらされる。例えば、比較的廉価ではあるが、低い性能の研磨粒子、又は金属バインダ粉末を、高い性能特性を有することが特に重要とされない、メタルボンド研磨物品の領域（例えば、研磨面から離れた内部）に割り当ててもよい。ここで図9を参照すると、メタルボンド研磨ホイール900は2つの領域910、920を有する。各領域は、メタルボンドマトリックス材料950、960内にそれぞれ保持された研磨粒子930、940を有する。

【0051】

本方法は、更なる加工を必要としない有用なメタルボンド研磨物品を提供することができる。しかし、ある特定の実施形態では、方法は、d)メタルボンド研磨物品を、熱間静水圧加圧法で、又は炉内で水素を含む雰囲気中で、加熱するステップを更に含むことができる。

【0052】

いくつかの実施形態では、メタルボンド研磨物品を金属支持体上に直接的に形成することができる。これは、例えば、実施例2及び4において以下に例示される。付加製造プロセス中にメタルボンド研磨物品を金属支持体上に形成することにより、有利なことに、メタルボンド研磨物品と金属支持体との間の接続は、メタルボンド研磨物品が形成され、引き続き金属支持体に取り付けられるときに形成されるものよりも強い結果となり得る。理論に束縛されることを望むものではないが、集束ビームは、メタルボンドバインダ材料の金属支持体へのある程度の溶着を引き起こすと考えられている。

【0053】

本開示により製造される、メタルボンド研磨物品は、体積全体で相当な多孔率を有する多孔性の金属含有マトリックス（例えば、焼結され得る、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み得る）を含み得るが、これは必要条件ではない。例えば、多孔性の金属含有マトリックスは、1～60体積パーセント、好ましくは5～50体積パーセント、より好ましくは15～50体積パーセント、より好ましくは40～50体積パーセントの空隙率を有してもよいが、これは必要条件ではない。次いで、研磨物品に、他のいかなる金属成分の融点（単数又は複数）よりも低い温度を有する溶融した金属を注入した後、冷却してもよい。溶融され、研磨物品プリフォームに注入され得る好適な金属の例としては、アルミニウム、インジウム、黄銅、青銅、銀、銅、金、鉛、コバルト、マグネシウム、ニッケル、亜鉛、スズ、鉄、クロム、ケイ素合金、前述の金属の合金、及びこれらの組み合わせが挙げられる。

【0054】

いくつかの実施形態では、付加製造中に、研磨粒子を損傷させるのに十分なエネルギー及び/又は熱にさらされることから研磨粒子を保護することが有利であり得ることを見出した。これは、任意選択的に、固まっていない粉末粒子に、高多孔性メタルボンド研磨物品を形成するのにちょうど十分なエネルギーを向け、次いで溶融金属をメタルボンド研磨物品の中に注入することによって行われる。注入された物品は、注入前よりも高い密度（及びより低い多孔率）を有する。典型的には、注入は、250～1150、例えば約600の温度でオープン内で実施される。多くの場合、注入は、不活性雰囲気（例えば、窒素又はアルゴン雰囲気）、又はある程度の還元雰囲気（例えば、水素を含有した）で行われる。それに応じて、第3の態様では、メタルボンド研磨物品の別の製造方法が提供される。方法は、

a)

i) 固まっていない粉末粒子層を領域に堆積させるステップであって、固まっていない粉末粒子は高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する、堆積させるステップ、及び、

ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して

10

20

30

40

50

、粉末粒子と一緒に結合させるステップ、を含むサブプロセスと、

b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するステップであって、各ステップ a) において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、生成するステップと、

c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを研磨物品プリフォームから分離するステップと、

d) 研磨物品プリフォームに溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部が、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、

e) 溶融した低融点金属を固化して、メタルボンド研磨物品を提供するステップと、
の逐次的に行なうステップ群を含む、製造方法。

10

【0055】

ある特定の実施形態では、メタルボンド研磨物品は金属支持体上に直接的に形成され、注入プロセスの間は支持体上に残留する（例えば、図11A、図11B、及び図12を参照）。

【0056】

高融点金属バインダ粒子は、例えば、元素周期表の第2属から第15属の、任意の金属を含み得る。これらの金属の合金、及び、任意選択的に周期表の第1族及び第15族の1つ以上の元素（例えば、金属、及び/又は、炭素、ケイ素、ホウ素などの非金属）を含む合金を使用してもよい。好適な金属粒子の例としては、マグネシウム、アルミニウム、鉄、チタン、ニオブ、タンゲステン、クロム、タンタル、コバルト、ニッケル、バナジウム、ジルコニウム、モリブデン、パラジウム、プラチナ、銅、銀、金、カドミウム、スズ、インジウム、タンタル、亜鉛、前述のいずれかの合金、及びこれらの組み合わせを含む粉末が挙げられる。ある特定の実施形態では、高融点金属バインダ粒子は、コバルト、クロム、青銅、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タンゲステン、チタン、マンガン、アルミニウム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む。

20

【0057】

高融点金属バインダ粒子は、好ましくは、少なくとも約850、少なくとも1000、少なくとも1100、少なくとも1200、又は少なくとも約1300の融点を有するが、いくつかの実施形態では、低融点金属も使用され得る。例としては、青銅（850）、ステンレス鋼（約1360～1450）、ニッケル（1452）、鉄鋼（1371）、タンゲステン（3400）、クロム（1615）、インコネル（Ni + Cr + Fe、1390～1425）、鉄（1530）、マンガン（1245～1260）、コバルト（1132）、モリブデン（2625）、モネル（Ni + Cu、1300～1350）、ニオブ（2470）、チタン（1670）、バナジウム（1900）、アンチモン（1167）、ニクロム（Ni + Cr、1400）、前述のものの合金（任意選択的に、炭素、ケイ素、及びホウ素のうちの1つ以上も含む）、及びこれらの組み合わせが挙げられる。異なる2つ以上の高融点金属バインダ粒子の組み合わせを使用してもよい。

30

40

【0058】

典型的には、研磨粒子に対する高融点金属バインダ粒子及び低融点金属バインダ粒子の重量比は、約10:90～約90:10の範囲に及ぶが、これは必要条件ではない。

【0059】

低融点金属粒子は、高融点金属バインダ粒子の最低融点よりも少なくとも50低い（好ましくは少なくとも75低い、少なくとも100又は少なくとも150低い）最高融点を有することが好ましい。本明細書で使用する時、用語「融点」は、ある材料の融解温度範囲内の全ての温度を含む。好適な低融点金属粒子の例としては、アルミニウム（660）、黄銅（905～1083）、青銅（798～1083）、銀（961）、銅（1083）、金（1064）、鉛（327）、マグネシウム（671

50

)、ニッケル(1452)、高融点金属と共に使用される場合)、亜鉛(419)、スズ(232)、活性金属ろう材(例えば、InCuAg、TiCuAg、CuAg)、前述の金属の合金、及びこれらの組み合わせ、などの金属の粒子が挙げられる。いくつかの好適な低融点金属は、青銅、アルミニウム合金、銅、銅-銀合金、銅-リン合金、ニッケル-リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を含む。高融点金属バインダ粒子は通常、溶融した低融点金属の温度よりも少なくとも50 高い融点を有する。焼結及びその後の溶融金属の注入に関する更なる詳細は、例えば、米国特許第2,367,404号明細書(Kott)及び米国特許出願公開第2002/095875号明細書(D'Evellynら)に見ることができる。

【0060】

第4の態様では、メタルボンド研磨物品の更なる製造方法が提供され、この方法では、高融点金属バインダ粒子及び低融点金属バインダ粒子の両方が、固まっていない粉末粒子に含まれる。より具体的には、本方法は、

a)

i) 固まっていない粉末粒子層を領域に堆積させるステップであって、固まっていない粉末粒子は高融点金属バインダ粒子、低融点金属バインダ粒子、及びコーティングされた研磨粒子を含み、固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する、堆積させるステップ、及び、

ii) 低融点金属バインダ粒子は溶融させるが、高融点金属バインダ粒子は溶融させず、粉末粒子と一緒に結合させるために、固まっていない粉末粒子層の領域を、集束ビームによる照射を用いて選択的に処理するステップ、を含むサブプロセスと、

b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、各ステップa)において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップと、

c) 実質的に全ての残りの固まっていない粉末粒子をメタルボンド研磨物品から分離するステップであって、メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む、分離するステップと、を逐次的に行なうステップ群を含む。ある特定の実施形態では、集束ビームは、レーザ照射又は電子線照射を含む。

【0061】

多くの場合、金属バインダ材料は、コバルト、クロム、青銅、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タングステン、チタン、マンガン、アルミニウム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む。金属バインダ材料は任意選択的に、アルミニウム合金、銅、銅-銀合金、銅-リン合金、ニッケル-リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を更に含む。

【0062】

次いで、研磨物品を加熱して金属粒子を焼結させ、それによってメタルボンド研磨物品を提供する。

【0063】

固まっていない粉末粒子が高融点金属粒子及び低融点金属粒子を含む実施形態では、研磨物品を十分に加熱して(図10のステップ195)、低融点金属粒子を軟化/溶融させ、固まっていない粉末粒子の少なくとも一部分に結合させた後、冷却してメタルボンド研磨物品を得る。冷却は、例えば、サブゼロ急冷又は室温への空冷など、当該技術で知られている任意の手段によって実現されうる。

【0064】

いくつかの実施形態では、本開示の少なくともある特定の態様に従って、(例えば、非一時的)機械可読媒体が、メタルボンド研磨物品の付加製造に用いられる。データは通常、機械可読媒体に保存される。データは、メタルボンド研磨物品の三次元モデルを表し、付加製造機器(例えば、3Dプリンタ、製造装置等)とインタフェースする少なくとも1つのコンピュータプロセッサによってアクセスできる。データは、付加製造機器がメタルボンド研磨物品を作り出すために使用される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

メタルボンド研磨物品を表すデータは、コンピュータ支援設計（C A D）データなどのコンピュータモデリングを使用して生成されてもよい。メタルボンド研磨物品の設計を表す画像データは、S T Lフォーマットで、又は任意の他の適切なコンピュータ処理可能なフォーマットで、付加製造機器にエクスポートすることができる。三次元オブジェクトを走査するための走査方法も、メタルボンド研磨物品を表すデータの作成に使用できる。データを取得するための例示的な技法の1つは、デジタル走査である。X線写真、レーザ走査、コンピュータ断層撮影（C T）、磁気共鳴映像法（M R I）、及び超音波画像診断を含む、任意の他の好適な走査技法を、物品を走査するために使用できる。他の可能な走査方法が、例えば米国特許出願公開第2 0 0 7 / 0 0 3 1 7 9 1号（C i n a d e r , J r . ら）に記載されている。走査オペレーションからの生データ、及び生データから導出した物品を表わすデータの両方を含み得る当初のデジタルデータセットを処理して、任意の周囲構造（例えば、研磨物品用支持具）から研磨物品を分割することができる。

10

【 0 0 6 6 】

多くの場合、機械可読媒体は、コンピューティングデバイスの一部として提供される。コンピューティングデバイスは、1つ以上のプロセッサ、揮発性メモリ（R A M）、機械可読媒体を読み取るためのデバイス、並びに、例えば、ディスプレイ、キーボード等の入力/出力デバイス、及びポインティングデバイスを有し得る。更に、コンピューティングデバイスは、オペレーティングシステム及び他のアプリケーションソフトウェア等の他のソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせも含み得る。コンピューティングデバイスは、例えば、ワークステーション、ラップトップ、携帯情報端末（P D A）、サーバ、メインフレーム又は任意の他の汎用若しくは特定用途向けコンピューティングデバイスであってもよい。コンピューティングデバイスは、コンピュータ可読媒体（例えば、ハードドライブ、C D - R O M、又はコンピュータメモリ等）から実行可能なソフトウェアの命令を読み出してもよく、又は別のネットワーク化コンピュータ等の、コンピュータに論理的に接続された別のソースからの命令を受信してもよい。

20

【 0 0 6 7 】

図2 7を参照すると、コンピューティングデバイス2 7 0 0は、多くの場合、内部プロセッサ2 7 8 0、ディスプレイ2 7 1 0（例えば、モニタ）、並びにキーボード2 7 4 0及びマウス2 7 2 0などの1つ以上の入力デバイスを含む。図2 7では、回転研削ホイール2 7 3 0がディスプレイ2 7 1 0に表示されている。

30

【 0 0 6 8 】

図2 3を参照すると、ある特定の実施形態では、本開示はシステム2 3 0 0を提供する。システム2 3 0 0は、（例えば、メタルボンド研磨）物品（例えば、図2 7のディスプレイ2 7 1 0に表示されているようなカップ研削ホイール2 7 3 0）の3 Dモデル2 3 1 0を表示するディスプレイ2 3 2 0と、ユーザにより選択された3 Dモデル2 3 1 0に応じて物品2 3 6 0の物理的オブジェクトを3 Dプリンタ/付加製造装置2 3 5 0に作製させる、1つ以上のプロセッサ2 3 3 0と、を含む。多くの場合、入力デバイス2 3 4 0（例えば、キーボード及び/又はマウス）は、特にユーザが3 Dモデル2 3 1 0を選択するために、ディスプレイ2 3 2 0及び少なくとも1つのプロセッサ2 3 3 0と共に使用される。メタルボンド研磨物品2 3 6 0は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0 . 5 マイクロメートル以上の平均厚さを有する。

40

【 0 0 6 9 】

図2 4を参照すると、プロセッサ2 4 2 0（1つ又は複数のプロセッサ）は、機械可読媒体2 4 1 0（例えば、非一時的媒体）、3 Dプリンタ/付加製造装置2 4 4 0、及び任意選択的にユーザが見るためのディスプレイ2 4 3 0のそれぞれと通信する。3 Dプリンタ/付加製造装置2 4 4 0は、物品2 4 5 0（すなわち、メタルボンド研磨物品、例えば

50

、図 27 のディスプレイ 2710 に示すようなカップ研削ホイール 2730) の 3D モデルを表すデータを機械可読媒体 2410 から提供するプロセッサ 2420 からの命令に基づいて、1 つ以上の物品 2450 を製造するように構成されている。

【0070】

図 25 を参照すると、例えば、限定するものではないが、付加製造方法は、(例えば、非一時的) 機械可読媒体から、本開示の少なくとも 1 つの実施形態による物品(すなわち、メタルボンド研磨物品)の 3D モデルを表すデータを検索するステップ 2510 を含む。方法は、1 つ以上のプロセッサによって、データを使用して製造装置とインタフェースする付加製造アプリケーションを実行するステップ 2520 と、製造装置によって、物品の物理的オブジェクトを生成するステップ 2530 と、を更に含む。1 つ以上の様々な任意選択の後処理ステップ 840 を実行してもよい。例えば、限定するものではないが、付加製造方法は、(例えば、非一時的) 機械可読媒体から、本開示の少なくとも 1 つの実施形態によるメタルボンド研磨物品の 3D モデルを表すデータを検索するステップを含む。方法は、1 つ以上のプロセッサによって、データを使用して製造装置とインタフェースする付加製造アプリケーションを実行するステップと、製造装置によって、メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを生成するステップと、を更に含む。付加製造機器は、所望のメタルボンド研磨物品を作製するためのコンピュータ化された設計命令のセットに従って、粉末粒子(例えば、金属バインダ材料及び研磨粒子)を選択的に結合させることができる。

【0071】

ある特定の実施形態では、メタルボンド研磨物品プリフォームの製造方法が提供される。この方法は、1 つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップと、製造装置を用いて、付加製造プロセスによって、このデジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品のメタルボンド研磨物品プリフォームを生成するステップと、を含む。付加製造プロセスは逐次的に行なうステップ群を含み、逐次的に行なうステップ群は、a) i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して粉末粒子と一緒に結合させるステップと、を含むサブプロセスを含み、固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するステップであって、各ステップ a) において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、ステップを更に含む。方法は典型的にはまた、c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを研磨物品プリフォームから分離するステップを含む。更に任意選択的に、本方法は、d) 研磨物品プリフォームに溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部が、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、e) 溶融した低融点金属を固化してメタルボンド研磨物品を提供するステップと、を含んでもよい。

【0072】

更に、図 26 を参照すると、物品(すなわち、メタルボンド研磨物品)の製造方法は、1 つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップ 2610 と、製造装置を用いて、付加製造プロセスによって、このデジタルオブジェクトに基づいて物品を生成するステップ 2620 と、を含む。この場合も、物品に後処理 2630 の 1 つ以上のステップを実施してもよい。

【0073】

本開示の選択された実施形態

実施形態 1 は、メタルボンド研磨物品である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少な

10

20

30

40

50

くとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。

【0074】

実施形態2は、研磨粒子は、研磨粒子の上に配置された少なくとも2つのコーティングを含み、第1のコーティングが研磨粒子表面と第2のコーティングとの間に配置され、第2のコーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、又はメタロイドを含む、実施形態1に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0075】

実施形態3は、第1のコーティングが第2のコーティングとは異なる組成物を含む、実施形態2に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0076】

実施形態4は、第1のコーティングが、タングステン、チタン、クロム、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、アルミニウム、鉄、コバルト、ニッケル、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態2又は実施形態3に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0077】

実施形態5は、第2のコーティングが、1300以上の融点、250J/kg/K以上の熱容量、200W/m/K以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する少なくとも1つの材料を含む、実施形態2～4のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【0078】

実施形態6は、第2のコーティングが、タングステン、チタン、タンタル、モリブデン、ニオブ、ジルコニウム、バナジウム、クロム、銀、銅、ホウ素、鉄、ニッケル、コバルト、ケイ素、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態2～5のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【0079】

実施形態7は、第1のコーティングが、1ナノメートル以上、10マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態2～6のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【0080】

実施形態8は、第2のコーティングが、100ナノメートル以上、50マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態2～7のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【0081】

実施形態9は、研磨粒子は、研磨粒子上に配置された単一のコーティングを含み、コーティングは、1600以上の融点、400J/kg/K以上の熱容量、100W/m/K以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する、少なくとも1つの材料を含む、実施形態1に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0082】

実施形態10は、コーティングが、ニッケル、銅、チタン、クロム、タングステン、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、鉄、アルミニウム、コバルト、ニッケル、耐熱性超合金、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態1又は実施形態9に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0083】

実施形態11は、コーティングが、100ナノメートル以上、50マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態9又は実施形態10に記載のメタルボンド研磨物品である。

【0084】

実施形態12は、コーティングが、2マイクロメートル以上、50マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態9～11のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

実施形態 1 3 は、研磨粒子が、ダイヤモンド粒子又は立方晶窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、実施形態 1 ~ 1 2 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 8 6 】

実施形態 1 4 は、研磨粒子が、炭化ケイ素、炭化ホウ素、窒化ケイ素、金属酸化物粒子、又は金属窒化物セラミック粒子、又は金属炭化物セラミック粒子を含む、実施形態 1 ~ 1 3 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 8 7 】

実施形態 1 5 は、金属バインダ材料が、コバルト、クロム、青銅、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タングステン、チタン、マンガン、アルミニウム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む、実施形態 1 ~ 1 4 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 8 8 】

実施形態 1 6 は、金属バインダ材料が、アルミニウム合金、銅、銅 - 銀合金、銅 - リン合金、ニッケル - リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を更に含む、実施形態 1 ~ 1 5 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 8 9 】

実施形態 1 7 は、研磨粒子が、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子を含み、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子は、メタルボンド研磨物品内の分散した所定の異なる領域に配置されている、実施形態 1 ~ 1 6 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 0 】

実施形態 1 8 は、異なる領域は層である、実施形態 1 7 に記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 1 】

実施形態 1 9 は、メタルボンド研磨物品が、研磨パッド、研磨研削ビット、研磨セグメント、及び研磨ホイールからなる群から選択される、実施形態 1 ~ 1 8 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 2 】

実施形態 2 0 は、メタルボンド研磨物品が歯科用バーである、実施形態 1 ~ 1 9 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 3 】

実施形態 2 1 は、メタルボンド研磨物品が、10 ~ 30 体積パーセントの空隙率を有する多孔性の金属含有マトリックスを含む、実施形態 1 ~ 2 0 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 4 】

実施形態 2 2 は、研磨粒子がダイヤモンドを含み、少なくとも 1 つのコーティングが金属炭化物を含む、実施形態 1 ~ 2 1 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 5 】

実施形態 2 3 は、研磨粒子が立方晶窒化ホウ素を含み、少なくとも 1 つのコーティングが金属窒化物を含む、実施形態 1 ~ 2 1 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 6 】

実施形態 2 4 は、少なくとも 1 つのコーティングの少なくとも一部に被着された複数の金属ナノ粒子を更に含む、実施形態 1 ~ 2 3 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 7 】

実施形態 2 5 は、メタルボンド研磨物品が、複数の層内に、金属バインダ材料に指向性エネルギーによる溶融の複数のアーチファクトを含む、実施形態 1 ~ 2 4 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 8 】

実施形態 26 は、メタルボンド研磨物品が、金属バインダ材料の逐次相の中に埋め込まれた複数の金属バインダ粒子を含む、実施形態 1 ~ 25 のいずれかに記載のメタルボンド研磨物品である。

【 0 0 9 9 】

実施形態 27 は、メタルボンド研磨物品の製造方法である。方法は逐次的なステップを含み、逐次的なステップは、a) 逐次的に、i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して粉末粒子と一緒に結合させるステップと、を含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含むメタルボンド研磨物品を生成するステップであって、各ステップ a) において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、ステップを更に含む。本方法はまた、c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを、メタルボンド研磨物品から分離するステップを更に含む。メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む。

【 0 1 0 0 】

実施形態 28 は、集束ビームは、固まっていない粉末粒子に 1 平方ミリメートル当たり 1 . 2 ジュール (J / m m ²) 以下のエネルギー密度をもたらすレーザ照射を含む、実施形態 27 に記載の方法である。

【 0 1 0 1 】

実施形態 29 は、d) メタルボンド研磨物品を、熱間静水圧加圧法で加熱する、又は水素を含む雰囲気中若しくは不活性雰囲気中の炉内で加熱するステップを更に含む、実施形態 27 又は実施形態 28 に記載の方法である。

【 0 1 0 2 】

実施形態 30 は、メタルボンド研磨物品は、直接的に金属支持体上に形成される、実施形態 27 ~ 29 のいずれかに記載の方法である。

【 0 1 0 3 】

実施形態 31 は、メタルボンド研磨物品の製造方法である。方法は逐次的なステップを含み、逐次的なステップは、a) 逐次的に、i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップと、ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して粉末粒子と一緒に結合させるステップと、を含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。方法は、b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するステップであって、各ステップ a) において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、ステップを更に含む。方法はまた、c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを研磨物品プリフォームから分離するステップを含む。加えて、本方法は、d) 研磨物品プリフォームに溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部が、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、e) メタルボンド研磨物品をもたらすために溶融した低融点金属を固化するステップと、を含む。

【 0 1 0 4 】

実施形態 32 は、溶融した低融点金属が、青銅、アルミニウム合金、銅、銅 - 銀合金、銅 - リン合金、ニッケル - リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を含む、請求項 31 に記載の方法である。

【 0 1 0 5 】

実施形態 33 は、メタルボンド研磨物品が、1 つ以上の、六角形セグメント、直線セグメント、螺旋状セグメント、不規則形状のセグメント、不完全なリング、溝及び / 又は穴

を有する逐次リム、又はこれらの組み合わせを含む、実施形態 3 1 又は実施形態 3 2 に記載の方法である。

【0106】

実施形態 3 4 は、高融点金属バインダ粒子が、溶融した低融点金属の温度よりも少なくとも 50 高い融点を有する、実施形態 3 1 ~ 3 3 のいずれかに記載の方法である。

【0107】

実施形態 3 5 は、メタルボンド研磨物品が金属支持体上に直接的に形成される、実施形態 3 1 ~ 3 4 のいずれかに記載の方法である。

【0108】

実施形態 3 6 は、メタルボンド研磨物品の製造方法である。方法は逐次的なステップを含み、逐次的なステップは、a) i) 固まっていない粉末粒子層を領域内に堆積させるステップ、を含むサブプロセスを含む。固まっていない粉末粒子は、高融点金属バインダ粒子、低融点金属バインダ粒子、及びコーティングされた研磨粒子を含む。固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する。サブプロセスはまた、i i) 低融点金属バインダ粒子は溶融させるが、高融点金属バインダ粒子は溶融させず、粉末粒子と一緒に結合させるために、固まっていない粉末粒子層の領域を、集束ビームによる照射を用いて選択的に処理するステップを含む。方法は、b) ステップ a) を複数回独立して実施して、結合された粉末粒子及び残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するステップを更に含む。各ステップ a) では、固まっていない粉末粒子が独立して選択される。方法は加えて、残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てをメタルボンド研磨物品から分離するステップを含む。メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む。

10

20

【0109】

実施形態 3 7 は、研磨粒子がその上に配置された少なくとも 1 つのコーティングを含み、コーティングが、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも 1 つのコーティングが 0.5 マイクロメートル以上の平均厚さを有する、実施形態 2 7 ~ 3 6 のいずれかに記載の方法である。

【0110】

実施形態 3 8 は、研磨粒子がその上に配置された少なくとも 2 つのコーティングを含み、第 1 のコーティングが研磨粒子表面と第 2 のコーティングとの間に配置され、第 2 のコーティングは金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、又はメタロイドを含む、実施形態 3 7 に記載の方法である。

30

【0111】

実施形態 3 9 は、第 1 のコーティングが第 2 のコーティングとは異なる組成物を含む、実施形態 3 8 に記載の方法である。

【0112】

実施形態 4 0 は、第 1 のコーティングが、タングステン、チタン、クロム、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、アルミニウム、鉄、コバルト、ニッケル、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態 3 8 又は実施形態 3 9 に記載の方法である。

40

【0113】

実施形態 4 1 は、第 2 のコーティングが、1300 以上の融点、250 J/kg/K 以上の熱容量、200 W/m/K 以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する少なくとも 1 つの材料を含む、実施形態 2 7 ~ 4 0 のいずれかに記載の方法である。

【0114】

実施形態 4 2 は、第 2 のコーティングが、タングステン、チタン、タンタル、モリブデン、ニオブ、ジルコニウム、バナジウム、クロム、銀、銅、ホウ素、鉄、ニッケル、コバルト、ケイ素、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態 2 7 ~ 4 1 のいずれかに記載の方法である。

【0115】

50

実施形態 43 は、第 1 のコーティングが、1 ナノメートル以上、10 マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態 27 ~ 42 のいずれかに記載の方法である。

【0116】

実施形態 44 は、第 2 のコーティングが、100 ナノメートル以上、50 マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態 27 ~ 43 のいずれかに記載の方法である。

【0117】

実施形態 45 は、研磨粒子が、その上に配置された単一のコーティングを含み、コーティングは、1600 以上の融点、400 J/kg/K 以上の熱容量、100 W/m/K 以下の熱伝導率、又はこれらの組み合わせを有する、少なくとも 1 つの材料を含む、実施形態 27 又は実施形態 37 に記載の方法である。

10

【0118】

実施形態 46 は、コーティングが、ニッケル、銅、チタン、クロム、タンゲステン、ジルコニウム、モリブデン、バナジウム、パラジウム、ケイ素、鉄、アルミニウム、コバルト、ニッケル、耐熱性超合金、又はこれらの合金若しくはこれらの組み合わせを含む、実施形態 27、37、又は 45 のいずれかに記載の方法である。

【0119】

実施形態 47 は、コーティングが、100 ナノメートル以上、50 マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態 27、37、45、又は 46 のいずれかに記載の方法である。

【0120】

実施形態 48 は、コーティングが、2 マイクロメートル以上、50 マイクロメートル以下の厚さを有する、実施形態 27、37、45 ~ 47 のいずれかに記載の方法である。

20

【0121】

実施形態 49 は、研磨粒子が、ダイヤモンド粒子又は立方晶窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、実施形態 27 ~ 48 のいずれかに記載の方法である。

【0122】

実施形態 50 は、研磨粒子が、炭化ケイ素、炭化ホウ素、窒化ケイ素、金属酸化物粒子、又は金属窒化物セラミック粒子、又は金属炭化物セラミック粒子を含む、実施形態 27 ~ 49 のいずれかに記載の方法である。

【0123】

実施形態 51 は、金属バインダ材料が、コバルト、クロム、青銅、銅、スズ、鉄、鉄合金、銀、ニッケル、タンゲステン、チタン、マンガン、アルミニウム、ケイ素、それらの炭化物形態若しくは窒化物形態、又はこれらの組み合わせを含む、実施形態 27 ~ 27 又は 34 ~ 47 のいずれかに記載の方法である。

30

【0124】

実施形態 52 は、金属バインダ材料が、アルミニウム合金、銅、銅 - 銀合金、銅 - リン合金、ニッケル - リン合金、又は銀を含有するろう付け合金を更に含む、実施形態 27 ~ 30 又は 38 ~ 51 のいずれかに記載の方法である。

【0125】

実施形態 53 は、研磨粒子が、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子を含み、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子は、メタルボンド研磨物品内の分散した所定の異なる領域に配置されている、実施形態 27 ~ 52 のいずれかに記載の方法。

40

【0126】

実施形態 54 は、異なる領域は層である、実施形態 53 に記載の方法である。

【0127】

実施形態 55 は、メタルボンド研磨物品が、研磨パッド、研磨研削ビット、研磨セグメント、及び研磨ホイールからなる群から選択される、実施形態 27 ~ 54 のいずれかに記載の方法である。

【0128】

実施形態 56 は、メタルボンド研磨物品が歯科用バーである、実施形態 27 ~ 55 のい

50

ずれかに記載の方法である。

【0129】

実施形態57は、メタルボンド研磨物品が、10～30体積パーセントの空隙率を有する多孔性の金属含有マトリックスを含む、実施形態27～56のいずれかに記載の方法である。

【0130】

実施形態58は、研磨粒子がダイヤモンドを含み、少なくとも1つのコーティングが金属炭化物を含む、実施形態27～57のいずれかに記載の方法である。

【0131】

実施形態59は、研磨粒子が立方晶窒化ホウ素を含み、少なくとも1つのコーティングが金属窒化物を含む、実施形態27～58のいずれかに記載の方法である。

10

【0132】

実施形態60は、メタルボンド研磨物品が、金属バインダ材料の連続相の中に埋め込まれた複数の金属バインダ粒子を含む、実施形態27～59のいずれかに記載の方法である。

【0133】

実施形態61は、集束ビームが、レーザ照射又は電子線照射を含む、実施形態27又は29～60のいずれかに記載の方法である。

【0134】

実施形態62は、メタルボンド研磨物品の三次元モデルを表すデータを有し、3Dプリンタとインタフェースする1つ以上のプロセッサによってアクセスされたときに、メタルボンド研磨物品を3Dプリンタに作製させる、非一時的機械可読媒体である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。メタルボンド研磨物品は、互いに直接的に結合された複数の層を含む。

20

【0135】

実施形態63は、非一時的機械可読媒体から、メタルボンド研磨物品の3Dモデルを表すデータを検索するステップを含む、方法である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。方法は、1つ以上のプロセッサによって、データを使用して製造装置とインタフェースする付加製造アプリケーションを実行するステップと、製造装置によって、メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを生成するステップと、を更に含む。

30

【0136】

実施形態64は、実施形態63の方法を用いて生成されたメタルボンド研磨物品である。

40

【0137】

実施形態65は、メタルボンド研磨物品の形成方法である。方法は、1つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップを含む、方法である。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有する。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。方法は、付加製造プロセスによって、製造装置を用いてデジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品を生成するステップを更に含む。

50

【0138】

実施形態66は、実施形態65に記載の方法であって、付加製造プロセスは、

a)

i) 固まっていない粉末粒子層を領域に堆積させるステップであって、固まっていない粉末粒子は金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、固まっていない粉末粒子層は実質的に均一な厚さを有する、ステップ、及び、

ii) 固まっていない粉末粒子層の領域を集束ビームによる照射で選択的に処理して、粉末粒子と一緒に結合させるステップ、を含むサブプロセスと、

b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子を含むメタルボンド研磨物品を生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、各ステップa)において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップと、を逐次的に行なうステップ群を含む。

10

【0139】

実施形態67は、c) 実質的に全ての残りの固まっていない粉末粒子をメタルボンド研磨物品から分離するステップであって、メタルボンド研磨物品は、金属バインダ材料中に保持されたコーティングされた研磨粒子を含む、分離するステップを更に含む、実施形態66に記載の方法である。

【0140】

実施形態68は、メタルボンド研磨物品プリフォームの形成方法である。この方法は、1つ以上のプロセッサを有する製造装置によって、メタルボンド研磨物品の複数の層を特定するデータを含むデジタルオブジェクトを受信するステップと、製造装置を用いて、付加製造プロセスによって、このデジタルオブジェクトに基づいてメタルボンド研磨物品のメタルボンド研磨物品プリフォームを生成するステップと、を含む。付加製造プロセスは、

20

a)

i) 固まっていない粉末粒子の層をある領域に堆積させるステップであって、固まっていない粉末粒子は高融点金属バインダ粒子及びコーティングされた研磨粒子を含み、固まっていない粉末粒子層は、実質的に均一な厚さを有する、堆積させるステップと、

ii) 粉末粒子と一緒に結合させるために、固まっていない粉末粒子の層のある領域を集束ビームによる照射で選択的に処理するステップと、を逐次的に含むサブプロセスと

30

b) 結合された粉末粒子と残りの固まっていない粉末粒子とを含む研磨物品プリフォームを生成するために、ステップa)を独立して複数回実施するステップであって、ステップa)の各々において、固まっていない粉末粒子が独立して選択される、実施するステップと、を含む。

【0141】

実施形態69は、

c) 残りの固まっていない粉末粒子の実質的に全てを研磨物品プリフォームから分離するステップと、

d) 研磨物品プリフォームに、溶融した低融点金属を注入するステップであって、高融点金属バインダ粒子の少なくとも一部は、溶融した低融点金属と接触したときに完全には溶融しない、注入するステップと、

40

e) メタルボンド研磨物品を提供するために、溶融した低融点金属を固化するステップと、を更に含む、実施形態68に記載の方法である。

【0142】

実施形態70は、システムである。このシステムは、メタルボンド研磨物品の3Dモデルを表示するディスプレイと、ユーザによって選択された3Dモデルに応答して、メタルボンド研磨物品の物理的オブジェクトを3Dプリンタに作製させる、1つ以上のプロセッサと、を含む。メタルボンド研磨物品は、その中に保持された研磨粒子を有する金属バインダ材料を含み、研磨粒子は、その上に配置された少なくとも1つのコーティングを有す

50

る。コーティングは、金属、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物、メタロイド、又はこれらの組み合わせを含み、少なくとも1つのコーティングは、0.5マイクロメートル以上の平均厚さを有する。

【0143】

本開示の目的及び利点は以下の非限定的な実施例によって更に例証されるが、これらの実施例に引用される具体的な材料及びそれらの量、並びにその他の条件及び詳細は、本開示を過度に制限しないものと解釈されるべきである。

【実施例】

【0144】

特に記載のない限り、実施例及び本明細書のその他の箇所における全ての部、百分率、比などは、重量によるものである。実施例において、 $^{\circ}$ = 摂氏、g = グラム、min = 分、mm = ミリメートル、及びrpm = 回転/分である。

【0145】

下の表1は、実施例で使用された材料のための略称を列記する。

【表1】

表1. 材料

材料	説明及び供給元
ダイヤモンドIMD-F Ti D46	平均直径46 μ mのダイヤモンド粉末、平均厚さ0.14 μ mのチタンでコーティング、Iljin (Seoul, Korea) から入手
ダイヤモンドIMD-F Cr D46	平均直径46 μ mのダイヤモンド粉末、クロムでコーティング、Iljin (Seoul, Korea) から入手
ダイヤモンドWWSA 200 D46	平均直径46 μ mのダイヤモンド粉末、Worldwide Superabrasives, LLC (Boynton Beach, FL) から入手
ダイヤモンドWWSA 400	325/400メッシュサイズ(44/37 μ m直径)ダイヤモンド粉末、Worldwide Superabrasives, LLC (Boynton Beach, FL) から入手
Hastelloy	Haynes International (Kokomo, IN) からのHASTELLOY C22
CoCr粉末	平均直径20~60 μ mのコバルトクロム合金粉末、LPW Technology (Pittsburgh, PA) から入手
青銅粉末PM-I-R1	ExOne (North Huntingdon, PA) から入手した青銅粉末PM-I-R1
S4-30	420ステンレス鋼粉末、ExOne (North Huntingdon, PA) から入手
溶媒バインダー-04	エーテル溶媒系ポリマーバインダー、ExOne (North Huntingdon, PA) から入手
熱支持粉末	微細アルミナ粉末、80グリット、ExOne (North Huntingdon, PA) から入手
EC2615	エポキシ接着剤、3M Company (St. Paul, MN) から入手
酸化アルミニウムスティック	600グリットアルミニウム酸化物、Boride Engineered Abrasives (Traverse City, MI) から入手
青銅89/11	青銅粉末(Cu89/Sn11)、平均直径<45 μ m、Eck-a-granules (Furth, Germany) から入手
スズ	スズ粉末、平均直径<45 μ m、Eck-a-granules (Furth, Germany) から入手
ダイヤモンドIMD-F TiW D46	平均直径46 μ mのダイヤモンド粉末、平均厚さ0.14 μ mのチタン、続いて平均厚さ0.8 μ mのタングステン層でコーティング、Iljin (Seoul, Korea) から入手

【0146】

準備的实施例1 - タングステン及びh a s t e l l o yでのダイヤモンドのコーティング

400グラムのダイヤモンドWWSA 400を、米国特許第7,727,931号(Breyら)に記載の装置に装填した。最初に、250nm厚のタングステンフィルムを、純粋なタングステン金属ターゲットを使用してマグネトロンスパッタリングによってダイヤモンド上にコーティングした。

【0147】

ダイヤモンド密度は、コーティングされていないダイヤモンド密度3.524 g/ccから、立方センチメートル当たり4.267グラム(g/cc)まで増加した。同様に、厚さ約750nmのh a s t e l l o y (C-22)膜の第2の層を、タングステンをコーティングしたダイヤモンドの上にコーティングした。二重コーティングされたダイヤモンドの最終密度は5.188 g/ccであった。

【0148】

実施例1 - ピン上への研削ビットの直接印刷

粉末床上でのレーザビームの連続パスによって、混合物の選択的レーザ溶融を実施した。レーザエネルギーの主要部分は、粉末によって吸収されることが予期され、一部は反射され、一部は散乱される。

【0149】

シャフトに直接的に固定するための内部孔を有するピン上に研削ビットを直接的に印刷するために、選択されたピンの材料は、18%Cr及び8%Ni（これは、印刷される部品に使用されるCoCr及び青銅粉末との親和性を有する元素である）を含有するステンレス鋼Din 1.4301であった。研削ピンをシャフト上に直接的に印刷するために使用した機械は、Realizer（Borchert, Germany）によるSLM-50である。この機械は、直径70mm、最大ビルド高さ80mm（延長版）のビルドプレートを含む。使用した混合物は、本明細書で上述したコーティングされたダイヤモンドグリット（8%のコーティングされた重量）、及びCoCr粉末（92重量%）を注意深く混合することによって調製した。

【0150】

各ピンの表面は、いかなる処理も行わずに使用した。各研削ピンの第1の層を、以下のレーザパラメータを使用して各ピン上に印刷した：80ワット（W）の電力、連続モード、500mm/秒の走査速度、60µmのハッチングパターンの線間距離、及び-45°及び45°での2回の走査パス。このサイクルを2回繰り返した後に、第1の粉末層を堆積させ、次に、印刷されたダイヤモンド混合物の専用のもを使用するためにレーザパラメータを変更し、パラメータは、75Wの電力、連続モード、3000mm/秒のスキャン速度、60µmのハッチングパターンの線間距離、及び1回の走査パスであった。各偶数走査パスは0°であり、各奇数パスは90°である。次の層については、パラメータを一定に保ちビットを印刷した。

【0151】

実施例2 - ピン上に印刷された研削ビットの溶浸

実施例1の研削ビットを、コーティングされた研磨粒子及び金属バインダ粒子から作られた形状で作製した後、適切な形状の溶浸トレイ上に研削ビットを配置した。トレイは、420ステンレス鋼粉末S4-30（バインダ噴射金属プリンタ用にExOneにより供給）を使用して多孔性金属構造体から作製され、標準溶液のSolvent Binder-04を用いて、標準的な印刷条件でInnoventプリンタ（ExOneから入手）で印刷した。Innoventプリンタでトレイを層ごとに印刷した後、粉末床をプリンタから取り出し、印刷されたバインダを周囲環境オープン内で、典型的には195で2～4時間にわたり、ExOneによって記載される標準プロセスに従って硬化させた。これらの印刷され硬化されたトレイを、結合されなかった粉末の床から取り出し秤量した。トレイの重量に、研削ビットの質量、又は少なくとも妥当な推定値（例えば、典型的な研削ビットの0.5g）を加えたものを一緒に使用して、必要とされる青銅粉末PM-I-R1の質量（ビットの重量の100%の質量の青銅を使用した）を決定した。この青銅粉末塊を、組み立てたトレイ及びピンに分配した。溶浸トレイのアセンブリ、青銅粉末、及びピン上のレーザ焼結材料を、熱支持粉末で覆われたるつぼの中に配置した。例えば、図11Aは、金属粒子1120を含有する注入トレイ1110と、注入トレイ1110内に配置される研削ビット1140及びメタピン1150を含むメタルボンド研磨物品1130の概略側断面図である。複数の細孔1142が、研削ビット1140に見える。

【0152】

溶浸のために、るつぼを炉（レトルトを有するCM Furnace Model 1212, Bloomfield, NJ）の中に配置し、炉は以下の温度上昇及び保持中に窒素でパージした。最初に温度を、2.5～5 /分で、600まで上昇させた。温度を600で120分間保持した。次いで、温度を2 /分で1120まで上昇させ、次いで1120で90分間保持した。次いで、温度を5 /分で100まで下降させ

た。この温度プログラムが完了した後、炉加熱素子をオフにし、炉を周囲条件下で室温まで冷却した。図 1 1 B は、注入中のメタルボンド研磨物品 1 1 3 0 を含む注入トレイ 1 1 1 0 の概略側断面図を示す。メタルボンド研磨物品 1 1 3 0 は、毛細管現象によって、研削ビット 1 1 4 0 の細孔 1 1 4 2 内に含有される溶融金属 1 1 2 2 を含む。

【 0 1 5 3 】

注入された研削ビットをトレイから取り外すために、ビットを押し上げ、撚り（又は別の方法で撚り）、又は機械加工して、溶浸プロセス中に作られた付着点から外した。図 1 2 は、本開示に従って作製された例示的な注入されたメタルボンド研磨物品 1 2 0 0 の、注入トレイ 1 2 1 0 から取り外された後の斜視図である。

【 0 1 5 4 】

実施例 3 - ピン上に印刷された注入された研削ビットの試験

実施例 2 からの注入された研削ビットをそれぞれ 6 mm のシャフトに接着し、L a v a F o r m G r i n d e r (3 M C o m p a n y (S t . P a u l , M N)) で試験した。雌型 M 3 ねじ付きコネクタを有する 6 mm × 3 7 mm のシャフトを、注入された研削ピンの各々に接着した。1 0 mm のステンレス鋼 M 3 スレッドを、6 mm シャフトの各々、並びに注入された研削ビットの各々に、E C 2 6 1 5 エポキシ接着剤を用いて接着させた。組み立てたツールを 2 4 時間硬化させた。次いで、組み立てたツールに、6 0 0 グリット酸化アルミニウムスティックでドレッシングを施し、試験前にダイヤモンドを剥き出させ露出させた。比較用に従来方法で作成された研削ビットを 3 M T a i c a n g (C h i n a) から入手し、これは直径 1 6 マイクロメートルのコーティングされていないダイヤモンドを有する 8 0 / 2 0 青銅を含有し、高合金成形型でプレス加工するステップによって製造された。L a v a F o r m G r i n d i n g ツールの試験パラメータを以下に示す。

【表 2】

表 2. 研削試験パラメータ

パラメータ	値
スピンドル速度	32000RPM
切削深さ	0.3mm
切り込み	1mm／分
冷却剤	ウォーターミスト中の 4% の Saberlube
材料	ZrO ₂ プラーク (完全緻密)
ドレッシング砥石	600 グリット

【表 3】

表 3. 研削試験結果

	注入された、付加製造による研削ビット	従来方法で作製された研削ビット
切削深さ	0.35mm	0.26mm
切削幅	6.10mm	4.00mm
切削長さ	6.75mm	5.35mm
平均切削力 (法線方向)	0.28kg	0.55kg
材料除去率	20.75mg／分	9.01mg／分

【 0 1 5 5 】

実施例 4 - 歯科用バーの準備

歯科用バーをシャフト（例えば、ピン）上に直接的に印刷するために使用した機械は、R e a l i z e r (B o r c h e n , G e r m a n y) による S L M - 5 0 である。この機械は、直径 7 0 mm、最大ビルド高さ 8 0 mm（延長版）のビルドプレートを含む。

【 0 1 5 6 】

ツールシャフトを粉末床の中に配置するには、丸形の硬化鋼ピンを受け入れる、工具鋼から作製された特別な固定具を必要とする。固定具の寸法は、直径 6 9 mm、高さ 2 2 mm であった。ビルドプレートに対する真の位置決めは、固定具に取り付けられた位置合わせピンを介して確保され、これは S L M - 5 0 の z 軸のインタフェースプレート内の対応

する穴の中にスライドして入る。複数の歯科用バーが同時に製造される場合、全てのシャフトの上面は、溶融粉末のシャフトへの強い結合を確実にするために、1 / 10 ミリメートル以内で整列される必要がある。このトライアルは、3 mm 及び 1 . 6 mm の直径を有するシャフトを含む。各直径は、3 mm 又は 1 . 6 mm のシャフト直径に適合した穴を有する専用の固定具を必要とした。図 1 7 A は、支持体（例えば、シャフト又はピン）上に歯科用バーを直接的に印刷するためのプラットフォームの斜視図を提供する。

【0157】

固定具を機械の Z 軸に接続した。次に、各シャフトの表面が周囲の粉末と同じレベルになるように、ピンの上面の位置を調整した。第 1 の粉末層をシャフトの表面にわたって広げた。層の厚さは 25 μm であった。ガルバノミラースキャナに結合された 100 W ファイバレーザ源を使用して、シャフトの表面を覆う金属粉末を選択的に溶融させた。この材料に必要な典型的なエネルギー密度は、1 J / mm^2 であった。金属粉末は、93 . 5 % コバルトクロム、1 . 5 % コバルト、及び 5 % Ti W 蒸気コーティングダイヤモンドの混合物であった。機械のプロセスチャンバを 150 に加熱し、アルゴンガスで満たした。

【0158】

CAD モデルを構築して、最終部品の形状を定義した。CAD モデルを、STL フォーマットを使用して CAD システムからエクスポートした。STL ファイルを Realizer 設計ソフトウェア (R Designer) にインポートして構築プラットフォームを準備した。これには、25 μm の所定の層の厚さに応じて、層の中に切り込むなどのステップが含まれた。各層を、レーザ出力、パス数、線間距離、ハッチパターンなどを含む、対応するレーザパラメータで処理した。ビルドプラットフォームの作製が完了したら、全構築サイクルの間に機械を動作させ監視する Realizer 制御ソフトウェアに、ビルドファイルを転送した。

【0159】

様々な形状を構築した。例えば、再び図 1 6 A 及び図 1 6 B を参照すると、歯科用バー形状は、シリンダ (1602)、段付きシリンダ、ボール (1603)、テーパ状シリンダ (1601)、フレーム (1604)、及び溝付きテーパ形状 (1608) を含んでいた。図 1 7 B は、プラットフォーム内に配置された図 1 6 A の 4 つの例示的な歯科用バーを含む、図 1 7 A のプラットフォームの一部分の斜視図である。

【0160】

印刷プロセスの後、プラットフォームを上昇させ、過剰な粉末を除去した。鋼鉄シャフトに直接的に取り付けられた完成した歯科用バーを固定具から引き抜き、ドレッシングプロセスで処理した。印刷された部分に多孔質 Al_2O_3 砥石を押し付けながら、シャフトを 4500 rpm で回転させた。これが、多孔性の最外層を除去し、ダイヤモンドを露出させて、歯科用バーの良好な切削性能を可能にした。

【0161】

実施例 5 - シャフト上に印刷された歯科用バーの試験

様々な試験は、ガラスのような硬質基材又は ZrO_2 のような焼結セラミック材料で優れた切削性能を示した。具体的には、実施例 4 の 3 mm の円筒形歯科用バーを、高密度ジルコニアクーポン (2 mm x 2 mm) に対して、湿潤条件下で、35000 rpm の速度で、500 gf 又は 700 gf のいずれかの力をツールに加えて研削した。(ツールに 700 gf の力を印加して) 試験した対照用歯科用バーは、BruxZir Red - 2 (Prismatic Dentalcraft, Inc (Irvine, CA) 製) であった。BruxZir Red - 2 は、ツールの表面にのみ存在するニッケルめっきで定位置に保持されたダイヤモンドを含む。結果を図 1 8 及び図 1 9 に示す。

【0162】

この実施例の歯科用バーは、対照用歯科用バーよりも著しく高い切削速度を実現し、その高い切削速度を、より長い時間にわたって維持した。更に、ダイヤモンドが歯科用バーの本体内部に存在するので、切削速度が劣化した場合にツールにドレッシングを施してダイヤモンドを更に出現させることは任意であり、これは、外面上にのみダイヤモンドを有

10

20

30

40

50

する電気めっきツールに対しては機能しない選択肢である。

【0163】

実施例6 - カップ研削ホイールの準備

ダイヤモンドメタルボンドカップ研削ホイールを、実施例1の準備に記載されているWHAコーティングされたダイヤモンドD46(8重量%)と、Eckart-Granulesからの青銅89/11(83重量%)と、及びEckart-Granulesからのスズ(9重量%)との混合物を使用して製造した。この混合物では、青銅89/11は約990の融点を有する高融点金属バインダ、及びスズは融点約232の融点を有する低融点金属バインダと考えられる。混合物を、Willy A. Bachofen AG Maschinenfabrik (Muttens - Switzerland) からのTURBULA振とう混合機で30分の時間にわたって調製した。混合物をRealizerからのSLM-50に充填し、鋼鉄支持体を機械の移動プラットフォーム上に固定した。支持体に使用した鋼鉄は、標準的なC45鋼(Din 1.0503)であった。

10

20

30

40

50

【0164】

青銅ダイヤモンド層と鋼鉄支持体との間の良好な固定を確実にするために、以下のレーザパラメータを提供した: 80ワット(W)の電力、連続モード、500mm/秒の走査速度、60µmのハッチングパターンの線間距離、及び-45°及び45°での2回の走査パス。このサイクルを2回繰り返した後に、第1の粉末層を堆積させ、次に、印刷されたダイヤモンド混合物の専用のものを使用するためにレーザパラメータを変更し、パラメータは、1つのパスが、38ワット(W)の電力、連続モード、5000mm/sの走査速度、60µmのハッチングパターンの線間距離であり、及び第2のパスが、75ワット(W)の電力、連続モード、5000mm/秒の走査速度、60µmのハッチングパターンの線間距離であった。第1の走査パスの角度は0°であり、第2の走査パスの角度は90°であった。

【0165】

パスを連続的に適用して4mmの層を構築したとき、部品を機械から取り出し、過剰な混合物を除去した。次いで、部品を回転させ、研削し、研いだ(ボア及び基準面を回転させ、ダイヤモンド層を基準面に対して0.02mm以内に研削した)。研削ホイールの仕上げ面上の画像解析を行い、多孔率を約10体積%と推定した。

【0166】

実施例1の準備に記載されているWHAコーティングされたダイヤモンドD46(8重量%)と、予備合金化された青銅80/20(焼結後に83%の青銅89/11+9%のスズと等価)とを含有する同様のホイールを、従来の方法(成形型内での熱プレス)に従って製造し、同様に完成させた。

【0167】

両方のホイールをHAAS MULTIGRIND AF90-5軸ツールグラインダに装着し、12kWのパワースピンドル(Haas Schleifmaschinen GmbH - Trossingen, Germany)を装備した。使用した冷却剤は、Oelheld(Stuttgart - Germany)からのOil Sintogrin TTKであった。

【0168】

両方のホイールを、直径5mmのサイズを有するタングステンカーバイドロッドを研削するために、HAAS MULTIGRINDグラインダで試験した。使用したパラメータは、ホイール周辺速度が18m/s、部品回転が300rpmであり、かつ1mm/分から最大7mm/分まで変動させた各切り込み速度パラメータに対して10mmの材料を除去した。

【0169】

AMによる多孔性の青銅ダイヤモンドをコーティングしたホイールは、以下の表4に示すように、より強力な挙動、並びに同様の摩耗に対して、より小さいチップングサイズを

示した。

【表 4】

表4. 研削結果

結果	切り込み (mm/分)	チップングサイズ (基準)(μm)	摩耗(基準) (μm)
参照ホイール	1		3.13
	2.5	16.71	2.63
	5	18.77	8.25
	7	26.99	3.38
AMホイール	1	12.90	6.00
	2.5	14.82	5.75
	5	21.80	3.00
	7	18.15	2.25

10

【0170】

実施例7 - 金属ナノ粒子を含む研磨メタルボンド物品の準備

ダイヤモンドの金属化

銅をコーティングしたダイヤモンド粒子上への銀ナノ粒子のコーティング：

70.48グラムのダイヤモンドWWSA 400を、米国特許公開第2014/0363554号に記載の装置に装填した。

【0171】

20

最初に、薄いチタン膜を、純粋なチタン金属ターゲットを使用してマグネトロンスパッタリングによりダイヤモンド上にコーティングした。コーティング後のダイヤモンド上のチタンの重量パーセントは0.1%であった。銅金属ターゲットを使用して、スパッタリングにより銅の第2の層を堆積させた。コーティングされた銅の重量%は25重量%であり、計算した厚さは約700nmであった。最後に、Agナノアイランドを、銀を0.1kW、6ミリのアルゴン圧力で1時間スパッタリングすることにより堆積させた。図21は、銅でコーティングされ、表面上に銀ナノ粒子を有する三角形のダイヤモンドを示す。

【0172】

レーザシステム

30

この実験は、1070nmの波長で連続モードで動作する250W QCDファイバレーザ(IPG Photonics (Oxford, MA))から入手可能、部品番号YLR-150/1500-QCW)を用いて実施した。

【0173】

レーザを、100mmのテレセントリックfシート集束レンズを備えた、市販の2Dガルボレーザスキャナヘッド(hurrySCAN20、ScanLab AG (Puchheim, Germany))から入手可能)に向けた。スキャナを3Dガントリシステム(Aerotech, Inc. (Pittsburg, PA))から入手可能)に取り付けて、レーザ印刷プロセスにおけるX、Y、及びZ方向の位置決めを可能にした。

【0174】

40

粉末混合物を重量で調製し、これは、81%のWendt (Meerbus, Germany)からの89/11青銅粉末、9%のWendt (Meerbus, Germany)からのスズ粉末、及び10%の表面に銀ナノ粒子を有する銅層でコーティングされたダイヤモンド(-100+120メッシュ)から構成された。銅及び銀は、強いレーザビームでの照明後に低温共晶を形成し、粒子を焼結して一緒にする。3Mの米国特許第7,695,808号(Tumara)は、より低温で粒子-粒子焼結のために銅粒子を銀でコーティングする方法を開示している。

【0175】

印刷方法

金属粉末と研磨粒子との混合物を調製し、カスタムメイドの粉末処理システムの供給チ

50

ャンバの中に配置した。いったん初期層が均一に配置されたら、ビルドプレート加熱器で約70℃まで加熱した。粉末処理システムを密閉し、窒素でパージした。ステンレス鋼製のビルドプレートは表面上に堆積された薄い銅層を有して、第1の印刷層の基材への接着を改善させた。全ての層を以下のパラメータで印刷した。

レーザービーム走査速度：1 m / s

レーザー出力：50 W

ハッチパターンの線間距離：30 μm

【0176】

各層をレーザーで処理した後、処理された層の上に粉末の別の層を延ばした。適切なカバレッジをもたらすために、ビルドプレートを70 μm下げるように設定し、粉末処理容器を約180 μm上昇させた。次いで、次の層をレーザーシステムで印刷した。レーザーで処理された各層は、45°回転させたハッチパターンを有し、よって層はクロスハッチの状態になっている。所望の数の層が印刷されるまで、このプロセスを継続させた。図22は、ビルドプレート上に印刷した2つの研磨ホイールを示す。

【0177】

いったん処理が完了したら、部品をビルドプレートからカミソリ刃を用いて取り出し洗浄した。

【0178】

上記特許出願において引用された全ての文献、特許文献又は特許出願は、一貫した形でそれらの全容が参照により本明細書に組み込まれる。組み込まれた参照文献の一部と本出願との間に不一致又は矛盾がある場合、前述の記載における情報が優先するものとする。前述の記載は、特許請求の範囲に記載の開示を当業者が実践することを可能にするためのものであり、本開示の範囲を限定するものと解釈すべきではなく、本開示の範囲は特許請求の範囲及びその全ての等価物によって定義される。

【図1】

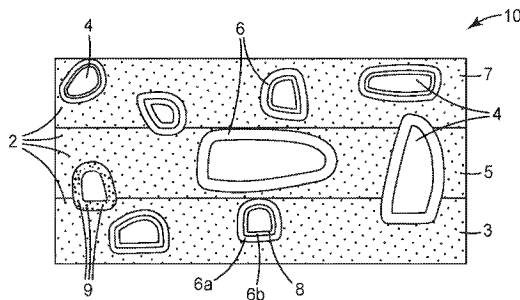


FIG. 1

【図2】

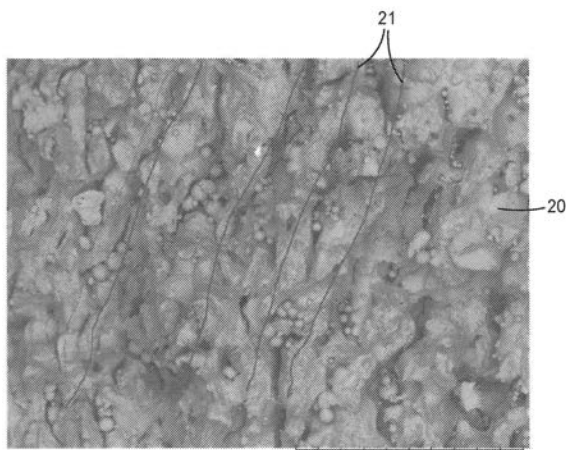


FIG. 2

【図3】

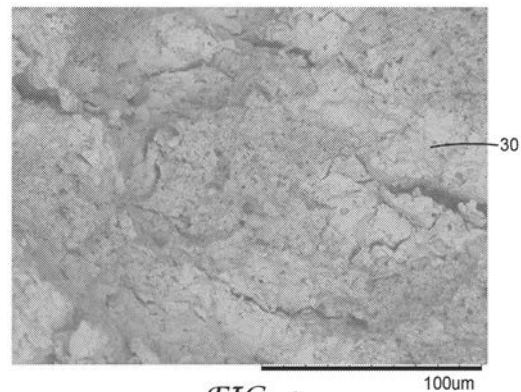


FIG. 3
先行技術

【 図 4 】

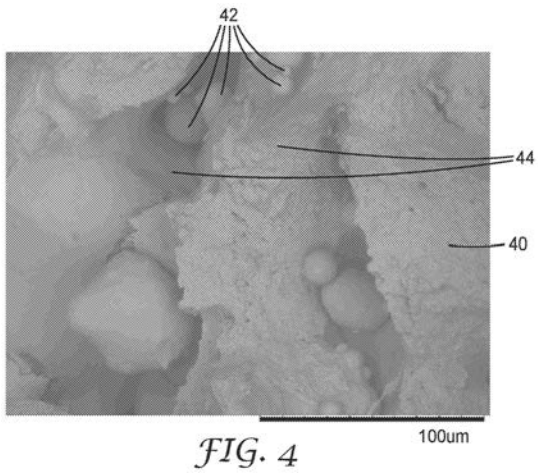


FIG. 4

【 図 5 】

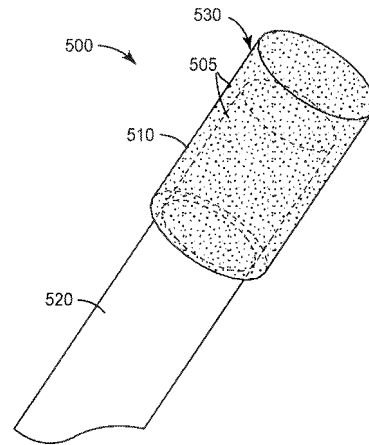


FIG. 5

【 図 6 】

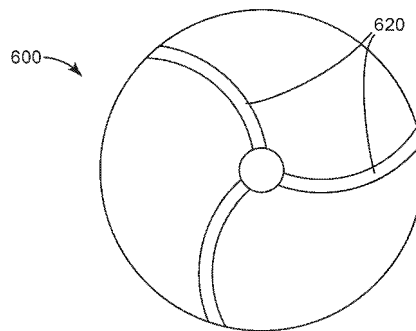


FIG. 6

【 図 7 】

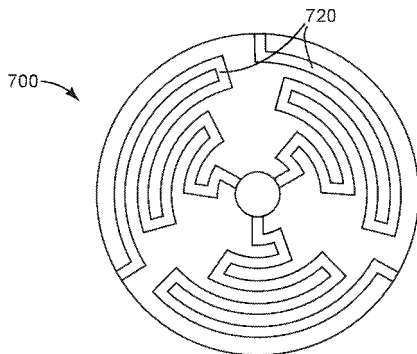


FIG. 7

【 図 9 】

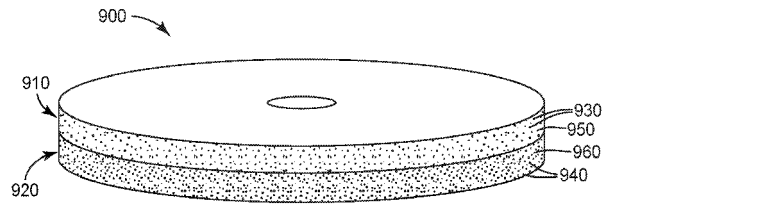


FIG. 9

【 図 8 】

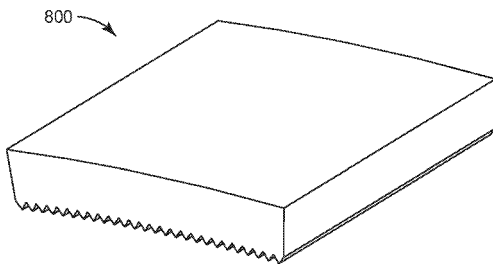


FIG. 8

【 図 10 】

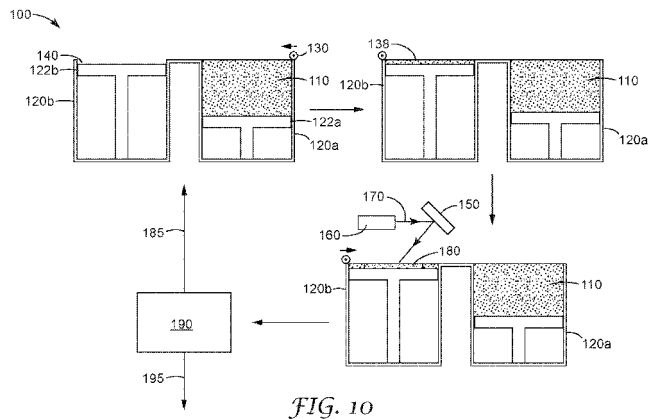


FIG. 10

【図 1 1 A】

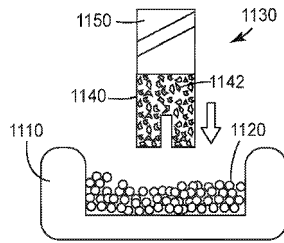


FIG. 11A

【図 1 1 B】

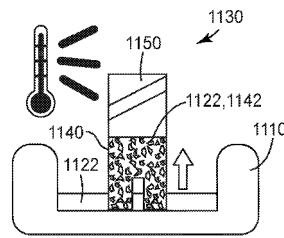


FIG. 11B

【図 1 2】

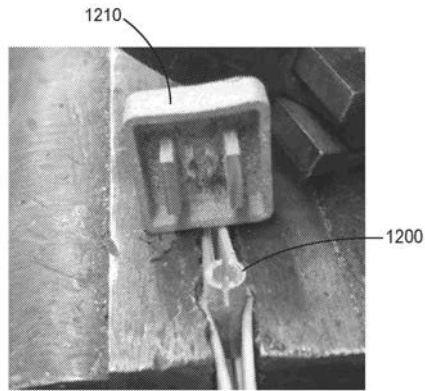


FIG. 12

【図 1 3】

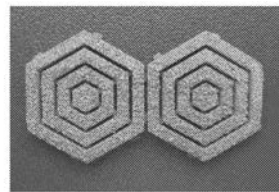


FIG. 13

【図 1 4 A】

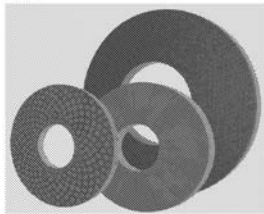


FIG. 14A

【図 1 4 B】

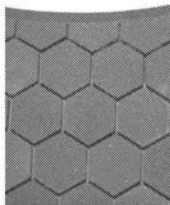


FIG. 14B

【図 1 5】

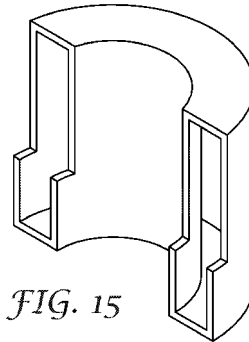


FIG. 15

【図 1 6 A】

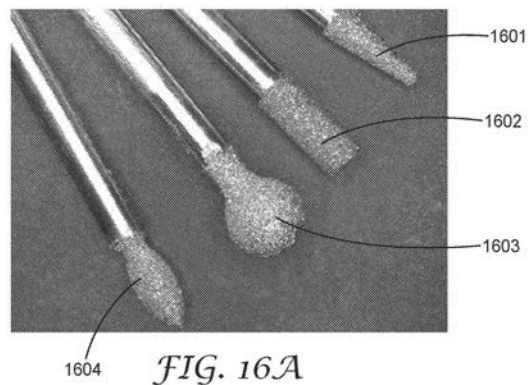


FIG. 16A

【図 16 B】

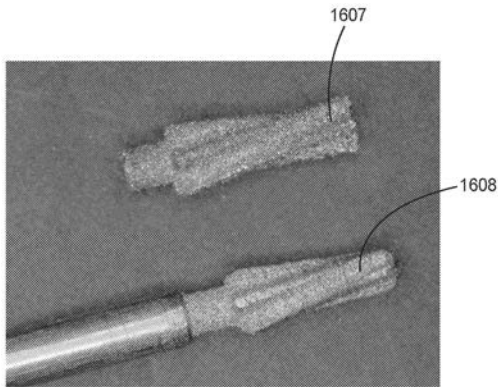


FIG. 16B

【図 17 A】

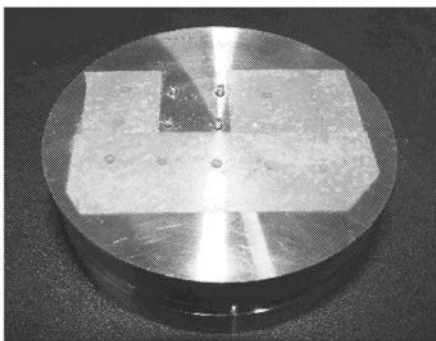


FIG. 17A

【図 17 B】

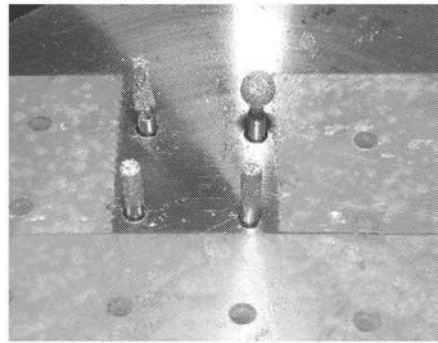


FIG. 17B

【図 18】

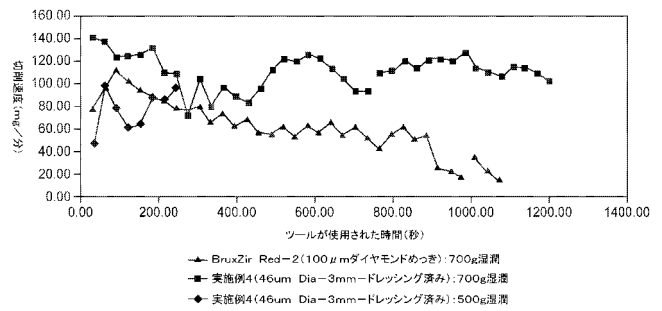


FIG. 18

【図 19】

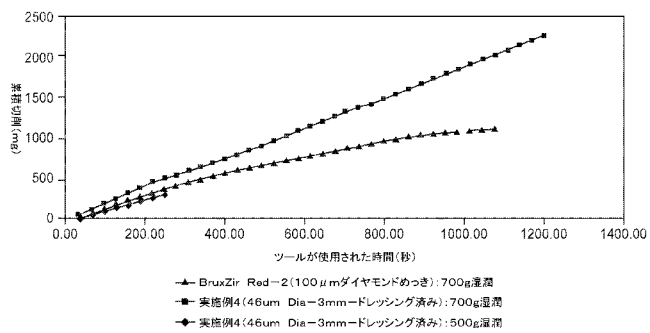


FIG. 19

【図 20】

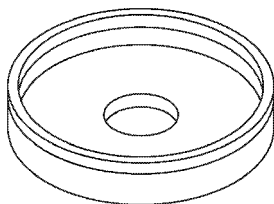


FIG. 20

【図 21】

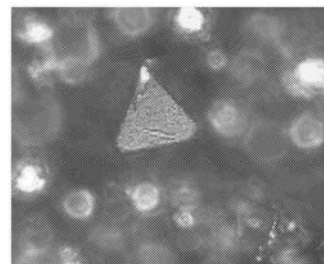


FIG. 21

【図 22】



FIG. 22

【図 23】

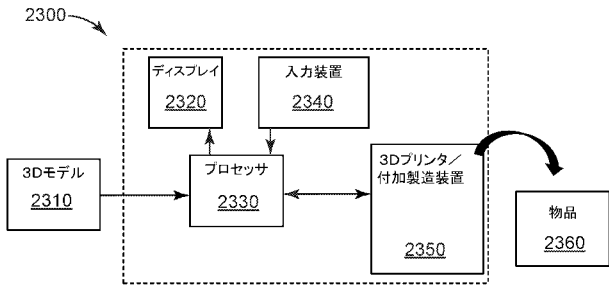


FIG. 23

【図 24】

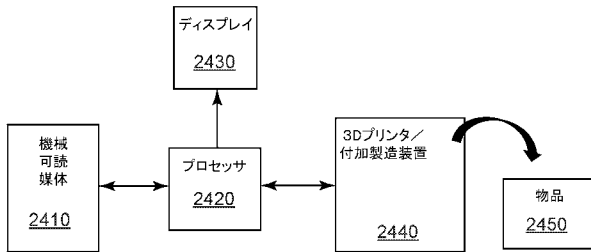


FIG. 24

【図 25】

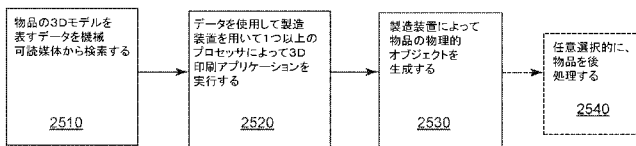


FIG. 25

【図 26】

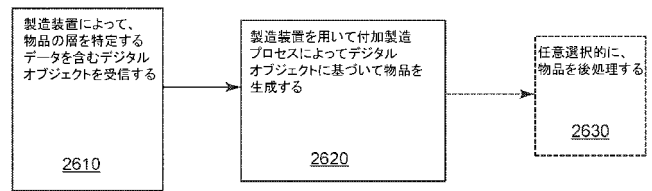


FIG. 26

【図 27】

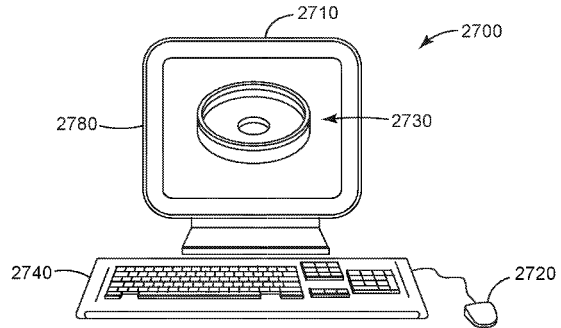



FIG. 27

【 国际调查报告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2018/015134															
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B24D 3/06 (2006.01) B29C 64/153 (2017.01) C09K 3/14 (2006.01) B24D 18/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC)																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F; B24D; B29C 64/00; C09K 3/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) FAMPAT: Abrasive particles with coating, metallic binder, plurality of layers, focused beam, 磨粒, 涂层, 金属粘合剂, 多个层, 聚焦光束 and related terms.																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 6416560 B1 (PALMGREN G. M.) 9 July 2002 Column 1 Lines 5-15, Column 2 Lines 64-67, Column 3 Lines 34-40, Column 5 Line 43-Column 6 Line 45, Column 7 Lines 1-15, Column 10 Line 45, Column 15 Lines 6-21; Figure 2A</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 3650714 A (FARKAS P.) 21 March 1972 Column 1 Line 73, Column 4 Line 13, Column 5 Line 7; Examples 1-6; Figures 1-6</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2006/0059785 A1 (SUNG C-M.) 23 March 2006 Paragraphs [0017], [0037], [0051], [0054], [0061], [0068], [0070], [0074], [0090], [0100]; Figure 6</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2015/0290771 A1 (LI Y.) 15 October 2015 Paragraphs [0016], [0049]-[0053], [0060], [0094], [0095], [0107]</td> <td>1-30</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 6416560 B1 (PALMGREN G. M.) 9 July 2002 Column 1 Lines 5-15, Column 2 Lines 64-67, Column 3 Lines 34-40, Column 5 Line 43-Column 6 Line 45, Column 7 Lines 1-15, Column 10 Line 45, Column 15 Lines 6-21; Figure 2A	1-30	X	US 3650714 A (FARKAS P.) 21 March 1972 Column 1 Line 73, Column 4 Line 13, Column 5 Line 7; Examples 1-6; Figures 1-6	1-30	X	US 2006/0059785 A1 (SUNG C-M.) 23 March 2006 Paragraphs [0017], [0037], [0051], [0054], [0061], [0068], [0070], [0074], [0090], [0100]; Figure 6	1-30	X	US 2015/0290771 A1 (LI Y.) 15 October 2015 Paragraphs [0016], [0049]-[0053], [0060], [0094], [0095], [0107]	1-30
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	US 6416560 B1 (PALMGREN G. M.) 9 July 2002 Column 1 Lines 5-15, Column 2 Lines 64-67, Column 3 Lines 34-40, Column 5 Line 43-Column 6 Line 45, Column 7 Lines 1-15, Column 10 Line 45, Column 15 Lines 6-21; Figure 2A	1-30															
X	US 3650714 A (FARKAS P.) 21 March 1972 Column 1 Line 73, Column 4 Line 13, Column 5 Line 7; Examples 1-6; Figures 1-6	1-30															
X	US 2006/0059785 A1 (SUNG C-M.) 23 March 2006 Paragraphs [0017], [0037], [0051], [0054], [0061], [0068], [0070], [0074], [0090], [0100]; Figure 6	1-30															
X	US 2015/0290771 A1 (LI Y.) 15 October 2015 Paragraphs [0016], [0049]-[0053], [0060], [0094], [0095], [0107]	1-30															
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 13/04/2018 (day/month/year)		Date of mailing of the international search report 27/04/2018 (day/month/year)															
Name and mailing address of the ISA/SG  Intellectual Property Office of Singapore 51 Bras Basah Road #01-01 Manulife Centre Singapore 189554 Email: pct@ipos.gov.sg		Authorized officer Javier Wong (Dr) IPOS Customer Service Tel. No.: (+65) 6339 8616															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2018/015134
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/0163717 A1 (DAS S. ET AL.) 12 June 2014 Paragraphs [0003], [0015], [0164], [0172], [0212]	1-30
X	US 2006/0162967 A1 (BRACKIN V. J. ET AL.) 27 July 2006 Paragraphs [0004], [0043], [0049]-[0052]	1-30
A	US 2012/0324799 A1 (CHAKRABORTY S. ET AL.) 27 December 2012 Paragraphs [0033]-[0042]; Figures 3-6	
A	CN 106312843 A (UNIV HUNAN CITY) 11 January 2017 Pages 5, 6; Figures 3, 4 of the machine translation	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

International application No.

PCT/US2018/015134

Note: This Annex lists known patent family members relating to the patent documents cited in this International Search Report. This Authority is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6416560 B1	09/07/2002	EP 1218556 A1 JP 2003510193 A WO 01/23630 A1 AU 4064700 A CA 2388457 A1	03/07/2002 18/03/2003 05/04/2001 30/04/2001 05/04/2001
US 3650714 A	21/03/1972	BE 746768 A FR 2037597 A5 GB 1310686 A NL 7003116 A DE 2010183 A1 CH 531398 A ZA 7001109 B SE 374538 B JP S4910968 B1	03/09/1970 31/12/1970 21/03/1973 08/09/1970 10/09/1970 15/12/1972 27/01/1971 10/03/1975 14/03/1974
US 2006/0059785 A1	23/03/2006	CA 2590276 A1 TW 200632083 A BR PI0518976 A2 JP 2008522849 A EP 1819483 A2 WO 2006/063136 A2 KR 20070090238 A	15/06/2006 16/09/2006 16/12/2008 03/07/2008 22/08/2007 15/06/2006 05/09/2007
US 2015/0290771 A1	15/10/2015	WO 2013/142988 A1 CA 2773197 A1 CA 2866821 A1	03/10/2013 27/09/2013 03/10/2013
US 2014/0163717 A1	12/06/2014	US 2017/0182562 A1 EP 2917797 A2 JP 2016502603 A WO 2014/074947 A2	29/06/2017 16/09/2015 28/01/2016 15/05/2014
US 2006/0162967 A1	27/07/2006	US 2014/0151132 A1 US 2009/0217597 A1 US 2013/0105230 A1	05/06/2014 03/09/2009 02/05/2013
US 2012/0324799 A1	27/12/2012	WO 2012/177278 A1 MX 2013015429 A RU 2014101654 A EP 2723966 A1 ZA 201400083 B US 2017/0191318 A1 CA 2840040 A1 CN 103703208 A US 2015/0008048 A1 BR 112013033323 A2	27/12/2012 10/04/2014 27/07/2015 30/04/2014 27/05/2015 06/07/2017 27/12/2012 02/04/2014 08/01/2015 31/01/2017
CN 106312843 A	11/01/2017	NONE	

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 C 3/06 (2006.01)	B 2 3 K 26/21	Z
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 2 3 K 26/34	
B 3 3 Y 30/00 (2015.01)	B 2 3 K 15/00	5 0 1 B
B 3 3 Y 80/00 (2015.01)	A 6 1 C 3/06	
B 2 2 F 3/105 (2006.01)	B 3 3 Y 10/00	
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 3 3 Y 30/00	
	B 3 3 Y 80/00	
	B 2 2 F 3/105	
	B 2 2 F 3/16	

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

- (72)発明者 リフォー, ジャン - リュク
ベルギー, ディーゲーム ベー - 1 8 3 1, ヘルメスラーン 7
- (72)発明者 ヴェーララガバン, バドリ
アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター
- (72)発明者 レムホフ, ティロ
ドイツ, ノイス 4 1 4 5 3, カール - シュルツ - シュトラーセ 1
- (72)発明者 ゲーアズ, ブライアン ディー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター
- (72)発明者 ゲルトマッハー, アンドレアス エム.
ドイツ, ノイス 4 1 4 5 3, カール - シュルツ - シュトラーセ 1
- (72)発明者 スミッソン, ロバート エル. ダブリュ.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター
- (72)発明者 マーコウィッツ, プジェミスワフ ピー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター
- (72)発明者 フィンク, ヨハネス
ドイツ, ノイス 4 1 4 5 3, カール - シュルツ - シュトラーセ 1

F ターム(参考) 3C063 AA01 BB02 BB15 BB30 BC02 CC10 CC23 FF23
4C052 DD05
4E066 CC04
4E168 BA35 BA81 CB04 DA02 DA23 DA28 DA29 DA40 EA15
4K018 AB01 AB02 AB03 AD01 AD09 AD10 BA01 BA02 BA04 BA08
BA09 BA13 BA20 BB04 BB05 CA44 EA51 EA60 KA14

【要約の続き】

品の 3 D モデルを表示するディスプレイと、ユーザによって選択された 3 D モデルにตอบสนองして、メタルボンド研磨物

品の物理的オブジェクトを３Ｄプリンタに作製させる、１つ以上のプロセッサと、を含むシステムも提供される。