

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6987643号  
(P6987643)

(45) 発行日 令和4年1月5日(2022.1.5)

(24) 登録日 令和3年12月3日(2021.12.3)

(51) Int.Cl.

F 1

B24D 3/00 (2006.01)  
B24D 3/06 (2006.01)B24D 3/00  
B24D 3/06340  
Z

請求項の数 29 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-566775 (P2017-566775)  
 (86) (22) 出願日 平成28年6月16日 (2016.6.16)  
 (65) 公表番号 特表2018-519176 (P2018-519176A)  
 (43) 公表日 平成30年7月19日 (2018.7.19)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/037767  
 (87) 國際公開番号 WO2016/209696  
 (87) 國際公開日 平成28年12月29日 (2016.12.29)  
 審査請求日 令和1年6月14日 (2019.6.14)  
 (31) 優先権主張番号 62/184,689  
 (32) 優先日 平成27年6月25日 (2015.6.25)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73) 特許権者 505005049  
スリーエム イノベイティブ プロパティ  
ズ カンパニー  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55133  
-3427, セントポール, ポストオ  
フィス ボックス 33427, スリーエ  
ム センター  
(74) 代理人 100110803  
弁理士 赤澤 太朗  
(74) 代理人 100135909  
弁理士 野村 和歌子  
(74) 代理人 100133042  
弁理士 佃 誠玄  
(74) 代理人 100157185  
弁理士 吉野 亮平

最終頁に続く

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

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

メタルボンド研磨物品の製造方法であって、前記製造方法は、逐次的な工程を含み、前記逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっていない粉末粒子の層を限られた領域に堆積する工程であり、前記固まっている粉末粒子は、高融点金属粒子及び研磨粒子を含み、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、工程、

ii ) 前記固まっていない粉末粒子の層の少なくとも1つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

iii ) 前記液状バインダ前駆体物質を、気化、熱硬化、化学硬化、及び/又は、放射線硬化によって、前記少なくとも1つの所定の領域にある前記固まっていない粉末粒子と一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子の層を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

b ) 工程a )を独立して複数回実施して、積層された前記結合した粉末粒子及び残った固まっていない粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、前記研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程a )では、前記固まっていない粉末粒子は、独立して選択され、前記液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、

c ) 前記残った固まっていない粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離する工程と、

10

20

d ) 前記研磨物品プリフォームを加熱して前記バインダ物質の少なくとも一部分をバーンアウトするステップと、

e ) 前記研磨物品プリフォームに融解した低融点金属を注入する工程であり、前記高融点金属粒子の少なくとも一部は、前記融解した低融点金属と接触したときに完全には融解しない、工程と、

f ) 前記融解した低融点金属を固化して、前記メタルボンド研磨物品を提供する工程と、を含む、製造方法。

**【請求項 2】**

前記固まっている粉末粒子は、融剤粒子を更に含む、請求項 1 に記載の製造方法。

**【請求項 3】**

前記研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 又は 2 に記載の製造方法。

**【請求項 4】**

前記研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、請求項 1 又は 2 に記載の製造方法。

**【請求項 5】**

前記メタルボンド研磨物品は、前記残った固まっている粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離することによって形成される空間部分の少なくとも一部である、少なくとも 1 つの冷却通路を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 6】**

前記メタルボンド研磨物品は、研磨パッド、研磨研削ピット、研磨セグメント、及び研磨ホイールから成る群から選択される、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 7】**

前記メタルボンド研磨物品は、歯科用回転ツールの研磨部の少なくとも一部分を構成する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 8】**

前記液状バインダ前駆体物質は、溶存ポリマーを含有する液状ビヒクルを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 9】**

前記液状ビヒクルは、主に水を含む、請求項 8 に記載の製造方法。

**【請求項 10】**

前記高融点金属粒子が、前記融解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、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 11】**

メタルボンド研磨物品の製造方法であって、前記方法は、逐次的な工程を含み、前記逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっている粉末粒子の層を限られた領域に堆積する工程であり、前記固まっている粉末粒子は、金属粒子及び研磨粒子を含み、前記固まっている粉末粒子の層は、実質的に均一な厚さを有する、工程、

i i ) 前記固まっている粉末粒子の層の少なくとも 1 つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

i i i ) 前記液状バインダ前駆体物質を、気化、熱硬化、化学硬化、及び / 又は、放射線硬化によって、前記少なくとも 1 つの所定の領域にある前記固まっている粉末粒子を一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

b ) 工程 a ) を独立して複数回実施して、積層された前記結合した粉末粒子及び残った固まっている粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、前記研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程 a ) では、前記固まっている粉末粒子は

10

20

30

40

50

、独立して選択され、前記液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、  
c ) 前記残った固まっていない粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離する工程と、

d ) 前記研磨物品プリフォームを加熱して前記バインダ物質の少なくとも一部分をバーンアウトし、前記メタルボンド研磨物品を提供する工程と、を含む、製造方法。

**【請求項 1 2】**

前記固まっていない粉末粒子は、融剤粒子を更に含む、請求項 1 1 に記載の製造方法。

**【請求項 1 3】**

前記研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 1 又は 1 2 に記載の製造方法。 10

**【請求項 1 4】**

前記研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、請求項 1 1 又は 1 2 に記載の製造方法。

**【請求項 1 5】**

前記金属粒子は、高融点金属粒子と低融点金属粒子との組合せを含み、前記高融点金属粒子は、前記融解した低温金属の温度よりも少なくとも 50 高い融点を有する、請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 1 6】**

前記メタルボンド研磨物品は、前記残った固まていない粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離することによって形成される空間部分の少なくとも一部である、少なくとも 1 つの冷却通路を含む、請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の製造方法。 20

**【請求項 1 7】**

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成る群から選択される、請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 1 8】**

前記メタルボンド研磨物品は、歯科用回転ツールの研磨部の少なくとも一部分を構成する、請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 1 9】**

前記液状バインダ前駆体物質は、溶存ポリマーを含有する液状ビヒクルを含む、請求項 1 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の製造方法。 30

**【請求項 2 0】**

前記液状ビヒクルは、主に水を含む、請求項 1 9 に記載の製造方法。

**【請求項 2 1】**

前記残った固まていない粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離することによって形成される空間部分の少なくとも一部である、前記メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通って延びる少なくとも 1 つの蛇行状の冷却通路を形成し、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性バインダ物質を含む、請求項 1 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の製造方法。 40

**【請求項 2 2】**

前記残った固まていない粉末粒子の実質的に全てを前記研磨物品プリフォームから分離することによって形成される空間部分の少なくとも一部である、前記メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通って延びる少なくとも 1 つの弓状の冷却通路を形成し、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性バインダ物質を含む、請求項 1 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 2 3】**

前記研磨粒子は、第 1 の研磨粒子及び第 2 の研磨粒子を含み、前記第 1 の研磨粒子及び前記第 2 の研磨粒子が、前記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、請求項 2 1 又は 2 2 に記載の製造方法。 50

**【請求項 2 4】**

前記異なる領域は層である、請求項 2 3 に記載の製造方法。

**【請求項 2 5】**

前記研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 2 1 ~ 2 4 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 2 6】**

前記研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、請求項 2 1 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 2 7】**

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成る群から選択される、請求項 2 1 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の製造方法。10

**【請求項 2 8】**

前記メタルボンド研磨物品は、15 ~ 50 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、請求項 2 1 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【請求項 2 9】**

前記メタルボンド研磨物品は、歯科用ツールの少なくとも一部分を含む、請求項 2 1 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

20

**【0001】**

本開示は、概して、金属性結合マトリックス内の研磨粒子を有する研磨物品の製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、メタルボンド研磨物品は、ダイヤモンド、酸化アルミニウム、立方窒化ホウ素 (cBN)、又は他の研磨砥粒などの研磨グリットと、非融解性金属粉末（例えば、タンクステン、ステンレス鋼、その他）、融解性金属粉末（例えば、青銅若しくは銅）、又はそれらの組合せとを混合することによって、作られている。細孔誘発物質、一時的なバインダ、及び他の添加材を添加してもよい。この混合物を、次いで、成形型剥離剤が塗布された成形型に導入する。充填された成形型を、次いで、プレス機内で圧縮して、成形された未硬化体を形成する。未硬化体を、次いで成形型から排出し、その後に、金属組成の一部と融解させるために炉内において高温で加熱するか、又は融解した金属を注入する。加熱は、一般的には、不活性ガス若しくは還元ガス（例えば、窒素、アルゴン、水素）又は減圧下の好適な制御された雰囲気で行われる。30

**【0003】**

この製造手法には、多くの欠点がある。それらは、各研磨物品の形状によって専用の成形型が必要となること、成形型が一般的に高価であり、作製に長いリードタイムがあること、いかなる設計変更も、新たな成形型の製造を必要とすること、成形できる形状が制限され、アンダーカット又は冷却通路などの内部構造を有する複雑な形状が概ね不可能であること、成形型が摩耗し、成形型当たりで製造できるユニット数が制限されること、成形型が研磨混合物で充填されている間、成分が分離する場合があり、容易に視認可能な、非均質な研磨成分、及び密度むらを引き起こすこと、並びにプロセスが手動であり、労働集約的であること、といった点である。40

**【0004】**

粉末床バインダ噴射は、積層造形法、すなわち「3D プリンティング」の技術であり、この技術では、粉末の薄層が、噴射された液状バインダ混合物により所望の箇所で一時的に結合される。一般的に、そのバインダ混合物は、インクジェットプリントヘッドにより吐出され、好適な溶剤又は担体液に溶けたポリマーからなる。一方法では、バインダは、他の粉末と混合した粉末、又は粉末にコーティングし乾燥した粉末であり、次いで、水又50

は溶剤混合物などの活性化液を、粉末に噴射して、選択エリアのバインダを活性化する。

#### 【0005】

そして、プリントされた粉末層を、少なくとも部分的に乾燥し、位置を下げる、次の粉末層を展開できるようにする。完全な物体が形成されるまで、粉末の展開、結合及び乾燥のプロセスを繰り返すことができる。物体及び周囲の粉末を、プリンタから取り出し、多くの場合、乾燥又は硬化して更に強度を付加して、硬化した物体を周囲の粉末から取り出せるようにする。

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

第1の態様では、本開示は、メタルボンド研磨物品の製造方法を提供する。この製造方法は、逐次的な工程を含み、逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっていない粉末粒子の層を限られた領域に堆積する工程であり、固まっていない粉末粒子は、高融点金属粒子及び研磨粒子を含み、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、工程、

i i ) 固まっていない粉末粒子の層の少なくとも1つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

i i i ) 液状バインダ前駆体物質を、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と一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子の層を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

b ) 工程a )を独立して複数回実施して、結合した粉末粒子及び残った固まっていない粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程a )では、固まっていない粉末粒子は、独立して選択され、液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、

c ) 残った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工程と、

d ) 研磨物品プリフォームに融解した低融点金属を注入する工程であり、高融点金属粒子の少なくとも一部は、融解した低融点金属により接触したときに完全には融解しない、工程と、

e ) 融解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工程と、  
を含む、製造方法である。

#### 【0007】

また別の態様では、本開示は、メタルボンド研磨物品の製造方法を提供する。この製造方法は、逐次的な工程を含み、逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっていない粉末粒子の層を限られた領域に堆積する工程であり、固まっていない粉末粒子は、金属粒子及び研磨粒子を含み、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、工程、

i i ) 固まっていない粉末粒子の層の少なくとも1つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

i i i ) 液状バインダ前駆体物質を、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と一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

b ) 工程a )を独立して複数回実施して、結合した粉末粒子及び残った固まっていない粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程a )では、固まっていない粉末粒子は、独立して選択され、液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、

c ) 残った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工程と、

d ) 研磨物品プリフォームを加熱して、メタルボンド研磨物品を提供する工程と、

10

20

30

40

50

を含む、製造方法である。

#### 【0008】

有利なことに、本開示による方法は、大量に又は短期間の生産でメタルボンド研磨物品を製造するのに適している。

#### 【0009】

したがって、別の態様では、本開示は、研磨粒子を内部に保持する金属性バインダ物質を含むメタルボンド研磨物品であって、メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通って延びる少なくとも1つの蛇行状の冷却通路を有する、メタルボンド研磨物品を提供する。

#### 【0010】

また別の態様では、本開示は、研磨粒子を内部に保持する金属性バインダ物質を含むメタルボンド研磨物品であって、メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通って延びる少なくとも1つの弓状の冷却通路を有する、メタルボンド研磨物品を提供する。

#### 【0011】

また別の態様では、本開示は、バインダ前駆体物質により一緒に結合した金属性粒子及び研磨粒子を含むメタルボンド研磨物品前駆体であって、

メタルボンド研磨物品前駆体の少なくとも一部を通って延びる少なくとも1つの蛇行状の冷却通路、又は

メタルボンド研磨物品前駆体の少なくとも一部を通って延びる少なくとも1つの弓状の冷却通路のうちの少なくとも1つを更に備える、メタルボンド研磨物品前駆体を提供する。

#### 【0012】

また別の態様では、本開示は、歯科用回転ツールであって、歯科用ツールの少なくとも一部分が、焼結金属粒子を含む多孔性のメタルボンドマトリックス内に分散して保持された研磨粒子を含む、歯科用回転ツールを提供する。

#### 【0013】

本開示の特徴及び利点は、「発明を実施するための形態」及び添付された「特許請求の範囲」を考慮することで、更に理解される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

【図1】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。

30

【図2】本開示の方法により作成可能な例示的な歯科用バー200の概略斜視図である。

【図3】本開示により作成可能な例示的なメタルボンド研磨ホイール300の概略平面断面図である。

【図4】本開示により作成可能な例示的なメタルボンド研磨ホイール400の概略平面断面図である。

【図5】例示的なメタルボンド研磨セグメント500の概略斜視図である。

【図6】例示的なメタルボンド研磨ホイール600の概略斜視図である。

#### 【0015】

本明細書及び図面中で繰り返し使用される参照符号は、本開示の同じ又は類似の特徴又は要素を表すことが意図される。本開示の原理の範囲及び趣旨に含まれる他の多くの改変形態及び実施形態が当業者によって考案されうることが理解されるべきである。図は、縮尺に従って描かれていないことがある。

40

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0016】

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つの工程を逐次的に、好ましくは（必須ではないが）連続して実施することを含む。

#### 【0017】

図1は、メタルボンド研磨物品の製造に使用される例示的な粉末床噴射プロセス100を概略的に図示している。

50

## 【0018】

第1の工程では、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の限られた領域140に堆積する。層138は、ほぼ均一な厚さとするべきである。例えば、層の厚さは、50ミクロン未満、好ましくは30ミクロン未満、より好ましくは10ミクロン未満で変化しうる。層は、噴射された液状バインダ前駆体物質が、適用された場所にある、固まっていない粉末の全てを結合できる限り、約1ミリメートルまでの任意の厚さを有してもよい。好ましくは、層の厚さは、約10ミクロン～約500ミクロン、より好ましくは約10ミクロン～約250ミクロン、より好ましくは約50ミクロン～約250ミクロン、より好ましくは約100ミクロン～約200ミクロンである。

10

## 【0019】

固まっていない粉末粒子は、高融点金属粒子及び研磨粒子を含む。

## 【0020】

高融点金属粒子は、例えば、元素周期表の第2属から第15属の、任意の金属を含みうる。これらの金属の合金、及び、任意選択的に周期表の第1属及び第15属の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、タングステン、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、前述したものの任意の合金、及びそれらの組合せを含む粉末が挙げられる。

20

## 【0021】

高融点金属粒子は、少なくとも約1100、より好ましくは少なくとも1200の融点を有することが好ましいが、融点がより低い金属を使用してもよい。例としては、ステンレス鋼（約1360～1450）、ニッケル（1452）、鋼（1371）、タングステン（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）、前述したものの合金（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）、及びそれらの組合せが挙げられる。異なる2つ以上の高融点金属粒子の組合せを使用してもよい。

30

## 【0022】

研磨粒子は、研磨材産業で使用される任意の研磨粒子を含みうる。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、より好ましくは少なくとも8.5、より好ましくは少なくとも9のモース硬度を有することが好ましい。特定の実施形態では、研磨粒子は超砥粒（superabrasive）粒子を含む。本明細書では、用語「超砥粒」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、立方窒化ホウ素、及びダイヤモンド）を指す。

40

## 【0023】

好適な研磨物質の具体的な例としては、酸化アルミニウム（例えば、アルミナ）物質（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物質）、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、及びそれらの組合せが挙げられる。ゾルゲル法による研磨粒子の例は、米国特許第4,314,827号明細書（Leitheiser等）、米国特許第4,623,364号明細書（Cotringer等）、米国特許第4,744,802号明細書（Schwabel）、米国特許第4,770,671号明細書（Monroe等）、及び

50

米国特許第4,881,951号明細書(Monroe等)に見られる。(例えば、米国特許第6,551,366号明細書(D'Souza等)に記載されているような)ガラス質ボンドマトリックス内の微細研磨粒子を含む凝集研磨粒子を使用してもよい。

#### 【0024】

研磨粒子は、例えば、米国特許出願公開第2008/0187769A1号明細書(Huzinec)又は米国特許第2,367,404号明細書(Kott)に記載されているように、研磨物品の他の金属成分(高融点及び/又は低融点の金属粒子及び/又は注入金属)との結合を促すように金属被覆されていてもよい。

#### 【0025】

微細なレゾリューションを実現するために、固まっていない粉末粒子は、(例えば、選別によって)400ミクロン以下、好ましくは250ミクロン以下、より好ましくは200ミクロン以下、より好ましくは150ミクロン以下、100ミクロン以下、又は80ミクロン以下の最大サイズを有するようにサイズ決定されることが好ましいが、より大きなサイズが使用されてもよい。高融点金属粒子、研磨粒子、任意選択的な低融点金属粒子、及び任意選択的な任意の追加の微粒子成分は、同じか又は異なる最大粒径、D<sub>90</sub>、D<sub>50</sub>、及び/又はD<sub>10</sub>粒径の分布パラメータを有しうる。

#### 【0026】

固まっていない粉末粒子は、任意選択的に、低融点金属粒子(例えば、ろう材粒子)を更に含んでいてもよい。低融点金属粒子は、高融点金属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。本明細書では、用語「融点」は、ある物質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)、インジウム(157)、黄銅(905~1083)、青銅(798~1083)、銀(961)、銅(1083)、金(1064)、鉛(327)、マグネシウム(671)、ニッケル(1452)、高融点金属とともに使用される場合)、亜鉛(419)、スズ(232)、活性金属ろう材(例えば、InCuAg、TiCuAg、CuAg)、前述したものの合金、及びそれらの組合せなどの金属の粒子が挙げられる。

#### 【0027】

一般的に、研磨粒子に対する高融点金属粒子及び/又は任意選択的な低融点金属粒子の重量比は、約10:90~約90:10の範囲に及ぶが、このことは必須ではない。

#### 【0028】

固まっていない粉末粒子は、任意選択的に、例えば、細孔誘発物質、充填材、及び/又は融剤粒子などの他の成分を更に含んでもよい。細孔誘発物質の例としては、グラスバブル及び有機物粒子が挙げられる。一部の実施形態では、低融点金属粒子は、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、融剤の役割も果たしうる。

#### 【0029】

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、フレーム形成、粒状化、ミリング加工、及び篩分けが挙げられる。加えて、例えば、フュームドシリカ、ナノシリカ、ステアレート、及びデンプンなどの流動剤を、任意選択的に添加してもよい。

#### 【0030】

次に、液状バインダ前駆体物質170を、層138の(1つ以上の)所定の領域180にプリンタ150により噴射する。液状バインダ前駆体物質は、よって、領域180内の固まっていない粉末粒子をコーティングし、その後に、領域180内の固まっていない粉末粒子を互いに結合するバインダ物質に転換される。液状バインダ前駆体物質は、(例えば、気化、又は熱硬化、化学硬化、及び/又は(例えば、UV光又は可視光を用いる)放射線硬化によって)、噴射パターン(及び、複数の繰返しによる最終3D形状)に従って

10

20

20

30

40

40

50

、固まつていな粉末粒子を結合するバインダ物質に転換されうる任意の組成であつてよい。

#### 【0031】

一部の実施形態では、液状バインダ前駆体物質は、溶存ポリマーを含有する液状ビヒクルを含む。液体は、有機溶剤及び水の1つ以上を含みうる。例示的な有機溶剤としては、アルコール(例えば、ブタノール、エチレングリコールモノメチルエーテル)、ケトン、及びエーテルが挙げられ、100超の引火点を有することが好ましい。

#### 【0032】

好適な1つ又は複数の溶剤の選択は、一般的に、例えば、所望の表面張力及び粘度、選択された微粒子固体など、具体的な用途の要件に依存する。

10

#### 【0033】

液状ビヒクルは、完全に水とすることでき、又は1つ以上の有機溶剤との組合せで水を含むことができる。水溶性ビヒクルは、総重量ベースで、少なくとも20パーセントの水、少なくとも30パーセントの水、少なくとも40パーセントの水、少なくとも50パーセントの水、又は少なくとも75パーセントの水を含むことが好ましい。

#### 【0034】

一部の実施形態では、1つ以上の有機溶剤が、例えば、液状ビヒクルの乾燥スピードを制御するために、液状ビヒクルの表面張力を制御するために、(例えば、界面活性物質等の)含有成分の溶解を可能にするために、又は、含有成分のうちのいずれかの二次的成分として、液状ビヒクルに含まれていてもよく、例えば、有機助溶剤が、液状ビヒクルの含有成分として添加された界面活性物質内に存在してもよい。例示的な有機溶剤としては、メチルアルコール、エチルアルコール、n-プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、n-ブチルアルコール、sec-ブチルアルコール、t-ブチルアルコール、及びイソブチルアルコールなどのアルコール；アセトン、メチルエチルケトン、及びジアセトンアルコールなどのケトン又はケトアルコール；酢酸エチル及び乳酸エチルなどのエステル；エチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、プロピレングリコール、ブチレングリコール、1,4-ブタンジオール、1,2,4-ブタントリオール、1,5-ペンタンジオール、1,2,6-ヘキサントリオール、ヘキシレングリコール、グリセロール、グリセロールエトキシレート、トリメチロールプロパンエトキシレートなどの多価アルコール；エチレングリコールメチル又はエチルエーテル、ジエチレングリコールエチルエーテル、トリエチレングリコールメチル又はエチルエーテル、エチレングリコールn-ブチルエーテル、ジエチレングリコールn-ブチルエーテル、ジエチレングリコールメチルエーテル、エチレングリコールフェニルエーテル、プロピレングリコールメチルエーテル、ジプロピレングリコールメチルエーテル、プロピレングリコールメチルエーテルアセテート、ジプロピレングリコールメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールn-プロピルエーテル、ジプロピレングリコールn-プロピルエーテル、トリプロピレングリコールn-プロピルエーテル、プロピレングリコールn-ブチルエーテル、ジプロピレングリコールn-ブチルエーテル、トリブロピレングリコールn-ブチルエーテル、プロピレングリコールフェニルエーテル、及びジブロピレングリコールジメチルエーテルなどの低級アルキルエーテル；2-ピロリジノン及びN-メチル-2-ピロリジノンなどの窒素含有化合物；ジメチルスルホキシド、テトラメチレンスルホン、及びチオグリコールなどの硫黄含有化合物；並びに前述したものの任意の組合せが挙げられる。

20

#### 【0035】

液状ビヒクル内の有機溶剤及び/又は水の量は、特に、粘度、表面張力、及び/又は乾燥速度など、液状バインダ前駆体物質の所望の特性などの多くの要因に依存する場合があり、それらは、例えば、ピエゾ式又はサーマル式のプリントヘッドなど、液状ビヒクルインクとともに使用されることが意図されるインクジェット印刷技術のタイプなどの要因に依存する場合がある。

#### 【0036】

40

50

液状バインダ前駆体物質は、液状ビヒクル内に溶解可能又は分散可能であるポリマーを含みうる。好適なポリマーの例としては、ポリビニルピロリドン、ポリビニルカプロラクタム、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、ポリ(2-エチル-2-オキサゾリン)(P E O X)、ポリビニルブチラート、メチルビニルエーテル及び無水マイレン酸のコポリマー、アクリル酸の特定のコポリマー、及び/又はヒドロキシエチルアクリレート、メチルセルロース、天然ポリマー(例えば、デキストリン、グアーガム、キサンタンガム)が挙げられうる。このうち、主に水である液状ビヒクルとともに使用するには、ポリビニルピロリドンが好ましい。所望に応じて、代わりに又は追加で、上に列挙したもの以外の他の有機ポリマーを使用してもよい。

## 【0037】

10

液状バインダ前駆体物質は、1つ以上のフリーラジカル重合性、そうでなければ放射線硬化性の物質、例えば、アクリルモノマー及び/又はオリゴマー及び/又はエポキシ樹脂を含んでもよい。また、フリーラジカル重合性の、そうでなければ放射線硬化性の物質を硬化させるための有効量の光開始剤及び/又は光触媒が、含まれてもよい。好適な(メタ)アクリレートモノマー及びオリゴマー、そうでなければ放射線硬化性物質(例えば、エポキシ樹脂)の例が、例えば米国特許第5,766,277号明細書(De Voe等)に見られる。

## 【0038】

一部の好ましい実施形態では、液状バインダ前駆体物質は、高融点及び/又は低融点の金属粒子の焼結中に揮発しない(水以外の)無機成分を本質的に含まない(例えば、1パーセント未満、0.1パーセント未満、0.01パーセント未満含むか、又は含まない)。液状バインダ前駆体物質は、所望に応じて、金属ナノ粒子及び/又は金属酸化物ナノ粒子を含まなくてよい。本明細書では、用語「ナノ粒子」は、1ミクロン以下の、例えば、500ナノメートル(nm)以下、又は150nm以下の、平均粒径を有する粒子を指す。

20

## 【0039】

図1を再び参照すると、噴射された液状バインダ前駆体物質170は、例えば、液状バインダ前駆体物質内の液状ビヒクルの気化によって、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するバインダ物質に転換されて(工程190)、結合した粉末粒子の層を形成する。これらの実施形態では、バインダ物質を十分高温に加熱することによって、その後の焼結又は注入工程において揮発及び/又は分解(例えば、「バーンアウト」)させる。

30

## 【0040】

次いで、上記の工程は、3次元(3-D)研磨物品プリフォームにおいて、繰返しにより得られる所定のデザインに従って、噴射が実施される領域を層毎に変更しながら、繰り返される(工程185)。各々の繰返しでは、固まっていない粉末粒子及び液状バインダ前駆体物質は、独立して選択されてよい。すなわち、固まっていない粉末粒子及び液状バインダ前駆体物質のうちのいずれか又は両方が、隣接する堆積層のものと同じでもよく、異なっていてもよい。

40

## 【0041】

研磨物品プリフォームは、結合した粉末粒子及び残った固まっていない粉末粒子を含む。研磨物品プリフォームを形成するために十分な繰返しを実施した後、同プリフォームを、残った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、このことは必須ではない。

## 【0042】

50

所望に応じて、異なる粉末を各々に収容する複数の粒子貯蔵槽を使用してもよい。同様に、共通のプリントヘッド、又は好ましくは別個のプリントヘッドのいずれかを用いて、異なる複数の液状バインダ前駆体物質を使用してもよい。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/バインダがもたらされる。例えば

、比較的廉価ではあるが、低い性能の研磨粒子、金属粉末、及び又はバインダ物質を、メタルボンド研磨物品のうち高い性能特性を有することが特に重要とされない領域（例えば、研磨面から離れた内部）に割り当ててもよい。次に図6を参照すると、メタルボンド研磨ホイール600は2つの領域610, 620を有する。各領域は、メタルボンドマトリックス物質650, 660にそれぞれ保持された研磨粒子630, 640を有する。

#### 【0043】

次いで、研磨物品プリフォームを加熱して、存在しうる任意の有機バインダ物質及び/又は溶剤を除去、及び金属粒子を焼結し（図1の工程195）、それによってメタルボンド研磨物品が得られる。

#### 【0044】

本開示を実践するのに適した粉末床噴射技術の更なる詳細は、例えば、米国特許第5,340,656号明細書（Sachs等）及び米国特許第6,403,002B1号明細書（van der Geest）に見られる。

#### 【0045】

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、研磨物品プリフォームを十分に加熱して、低融点金属粒子を軟化/融解させ、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。

#### 【0046】

固まっていない粉末粒子が、高融点金属粒子を含むが、低融点金属粒子を含まない実施形態では、研磨物品プリフォームを十分に加熱して、高融点金属粒子を少なくとも焼結させ、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。

#### 【0047】

冷却は、例えば、低温急冷又は室温までの空気冷却など、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。

#### 【0048】

本開示により製造される、メタルボンド研磨物品及び/又は研磨物品プリフォームは、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、焼結されうる、金属粒子及び研磨粒子を含みうる）を含みうるが、このことは必須ではない。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、このことは必須ではない。これに応じ、次いで、研磨物品プリフォームに、他の任意の金属成分の（1つ以上の）融点よりも低い温度の融解した金属を注入した後、冷却してもよい。融解され、研磨物品プリフォームに注入にされ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、上述したものの合金、及びそれらの組合せが挙げられる。

#### 【0049】

本開示を実践するのに適した粉末床噴射装置は、例えば、ExOne Company（North Huntington, Pennsylvania）から市販されている。

#### 【0050】

焼結及びその後の融解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'Evelyn等）に見られる。

#### 【0051】

本開示の方法により作成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

10

20

30

40

50

なくとも一部分を構成する。例示的な歯科用バー 200 を図 2 に示している。次に図 2 を参照すると、歯科用バー 200 は、軸 220 に固定されたヘッド 230 を含む。歯科用バー 200 は、多孔性のメタルボンド 210 に固定された研磨粒子 205 を含む。

#### 【 0052 】

本開示による、この歯科用バー（例えば、以下の実施例 3 を参照）の製造及び試験において、バーが十分な多孔率を有するときに、使用中の削り屑の蓄積が抑制されうることが明らかにされた。初期の切削速度は、幾分低下しうるが、性能的には十分であり、削り屑の蓄積による切削速度の減少は、大幅に抑制される。

#### 【 0053 】

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、未結合の固まっていない粉末を除去するために、研磨プリフォームの外部への開口部が存在すれば、内部空隙を含めることができる。したがって、本開示の方法を使用して、蛇行状及び又は弓状の経路を有する冷却通路を簡単に製造することができる。冷却通路は、メタルボンド研磨物品の外部に対して開いている。一部の実施形態では、通路は、単一の開口部を有するが、より一般的には、2つ以上の開口部を有する。（1つ以上の）冷却通路を通って冷却媒体（例えば、空気、水又は油）が循環して、研磨中に発生した熱を除去する。

10

#### 【 0054 】

次に図 3 を参照すると、例示的なメタルボンド研磨ホイール 300 は、弓状の冷却通路 320 を有する。同様に、例示的なメタルボンド研磨ホイール 400（図 4 に示される）は、蛇行状の冷却通路 420 を有する。

20

#### 【 0055 】

図 5 は、例示的なメタルボンド研磨セグメント 500 を示している。一般的な使用においては、複数のメタルボンド研磨セグメント 500 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。

#### 【 0056 】

対応する未硬化体（すなわち、同じ全体形状を有するが、一時的なバインダにより保持されたメタルボンド前駆体粒子を含む）を焼結することによって、メタルボンド研磨ホイールを作成することができる。

#### 【 0057 】

30

##### 本開示の選択された実施形態

第 1 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品の製造方法を提供する。この製造方法は、逐次的な工程を含み、逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっていない粉末粒子の層を限られた領域に堆積させる工程であり、固まっていない粉末粒子は、高融点金属粒子及び研磨粒子を含み、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、工程、

i i ) 固まっていない粉末粒子の層の少なくとも 1 つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

i i i ) 液状バインダ前駆体物質を、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と一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子の層を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

40

b ) 工程 a ) を独立して複数回実施して、結合した粉末粒子及び残った固まっていない粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程 a ) では、固まっていない粉末粒子は、独立して選択され、液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、

c ) 残った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工程と、

d ) 研磨物品プリフォームに融解した低融点金属を注入する工程であり、高融点金属粒子の少なくとも一部は、融解した低融点金属により接触したときに完全には融解しない、

50

工程と、

e ) 融解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工程と、  
を含む、製造方法である。

**【 0 0 5 8 】**

第 2 の実施形態では、本開示は、固まっていない粉末粒子は、融剤粒子を更に含む、第 1 の実施形態による製造方法を提供する。

**【 0 0 5 9 】**

第 3 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、第 1 又は第 2 の実施形態による製造方法を提供する。

**【 0 0 6 0 】**

第 4 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、第 1 又は第 2 の実施形態による製造方法を提供する。

**【 0 0 6 1 】**

第 5 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、少なくとも 1 つの冷却通路を含む、第 1 ~ 第 4 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

**【 0 0 6 2 】**

第 6 の実施形態では、本開示は、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成る群から選択される、第 1 ~ 第 5 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

**【 0 0 6 3 】**

第 7 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、歯科用回転ツールの少なくとも一部分を構成する、第 1 ~ 第 5 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

**【 0 0 6 4 】**

第 8 の実施形態では、本開示は、歯科用回転ツールが、歯科用ドリル、歯科用バー、及び歯科用艶出しツールから成る群から選択される、第 7 の実施形態の製造方法を提供する。

**【 0 0 6 5 】**

第 9 の実施形態では、本開示は、液状バインダ前駆体物質は、溶存ポリマーを含有する液状ビヒクル及び / 又はポリマーが分散した液状ビヒクルを含む、第 1 ~ 第 8 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

**【 0 0 6 6 】**

第 10 の実施形態では、本開示は、液状ビヒクルは、主に水を含む、第 9 の実施形態の製造方法を提供する。

**【 0 0 6 7 】**

第 11 の実施形態では、本開示は、高融点金属粒子の融点は、融解した低融点金属の温度よりも少なくとも 50 °C だけ高い、第 1 ~ 第 10 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

**【 0 0 6 8 】**

第 12 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品の製造方法を提供する。この製造方法は、逐次的な工程を含み、逐次的な工程は、

a )

i ) 固まっていない粉末粒子の層を限られた領域に堆積させる工程であり、固まっていない粉末粒子は、金属粒子及び研磨粒子を含み、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、工程、

i i ) 固まっていない粉末粒子の層の少なくとも 1 つの所定の領域に液状バインダ前駆体物質を噴射する工程、並びに

i i i ) 液状バインダ前駆体物質を、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一緒に結合するバインダ物質に転換して、結合した粉末粒子を形成する工程、を逐次的に行うサブプロセスと、

b ) 工程 a ) を独立して複数回実施して、結合した粉末粒子及び残った固まっていない

10

20

30

40

50

粉末粒子を含む研磨物品プリフォームを生成する工程であり、研磨物品プリフォームは、所定の形状を有し、各工程 a ) では、固まっていない粉末粒子は、独立して選択され、液状バインダ前駆体物質は、独立して選択される、工程と、

c ) 残った固ま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工程と、

d ) 研磨物品プリフォームを加熱して、メタルボンド研磨物品を提供する工程と、を含む、製造方法である。

#### 【 0 0 6 9 】

第 1 3 の実施形態では、本開示は、固まていない粉末粒子は、融剤粒子を更に含む、第 1 2 の実施形態の製造方法を提供する。

10

#### 【 0 0 7 0 】

第 1 4 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子の少なくとも 1 つを含む、第 1 2 又は第 1 3 の実施形態の製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 1 】

第 1 5 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、第 1 2 又は第 1 3 の実施形態の製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 2 】

第 1 6 の実施形態では、本開示は、金属粒子は、高融点金属粒子と低融点金属粒子との組合せを含み、高融点金属粒子が、融解した低温金属の温度よりも少なくとも 50 だけ高い融点を有する、第 1 2 ~ 第 1 5 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

20

#### 【 0 0 7 3 】

第 1 7 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、少なくとも 1 つの冷却通路を含む、第 1 2 ~ 第 1 6 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 4 】

第 1 8 の実施形態では、本開示は、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成る群から選択される、第 1 2 ~ 第 1 7 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 5 】

第 1 9 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、歯科用回転ツールの少なくとも一部分を構成する、第 1 2 ~ 第 1 7 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

30

#### 【 0 0 7 6 】

第 2 0 の実施形態では、本開示は、歯科用回転ツールが、歯科用ドリル、歯科用バー、及び歯科用艶出しツールから成る群から選択される、第 1 9 の実施形態の製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 7 】

第 2 1 の実施形態では、本開示は、液状バインダ前駆体物質は、溶存ポリマーを含有する液状ビヒクル及び / 又はポリマーが分散した液状ビヒクルを含む、第 1 2 ~ 第 2 0 の実施形態のいずれか 1 つの製造方法を提供する。

40

#### 【 0 0 7 8 】

第 2 2 の実施形態では、本開示は、液状ビヒクルは、主に水を含む、第 2 1 の実施形態の製造方法を提供する。

#### 【 0 0 7 9 】

第 2 3 の実施形態では、本開示は、研磨粒子を内部に保持する金属性バインダ物質を含むメタルボンド研磨物品であって、メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通じて延びる少なくとも 1 つの蛇行状の冷却通路を有する、メタルボンド研磨物品を提供する。

#### 【 0 0 8 0 】

第 2 4 の実施形態では、本開示は、研磨粒子を内部に保持する金属性バインダ物質を含むメタルボンド研磨物品であって、メタルボンド研磨物品の少なくとも一部を通じて延び

50

る少なくとも 1 つの弓状の冷却通路を有する、メタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 1 】

第 2 5 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、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 の研磨粒子が、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、第 2 3 又は第 2 4 の実施形態のメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 2 】

第 2 6 の実施形態では、本開示は、異なる領域は層である、第 2 5 の実施形態のメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 3 】

第 2 7 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、ダイヤモンド粒子又は立方窒化ホウ素粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、第 2 3 ~ 第 2 6 の実施形態のいずれか 1 つのメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 4 】

第 2 8 の実施形態では、本開示は、研磨粒子は、金属酸化物セラミック粒子を含む、第 2 3 ~ 第 2 7 の実施形態のいずれか 1 つのメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 5 】

第 2 9 の実施形態では、本開示は、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成る群から選択される、第 2 3 ~ 第 2 8 の実施形態のいずれか 1 つのメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 6 】

第 3 0 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、15 ~ 50 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、第 2 3 ~ 第 2 9 の実施形態のいずれか 1 つのメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 7 】

第 3 1 の実施形態では、本開示は、メタルボンド研磨物品は、歯科用ツールの少なくとも一部分を構成する、第 2 3 ~ 第 3 0 の実施形態のいずれか 1 つのメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 8 】

第 3 2 の実施形態では、本開示は、歯科用ツールが、歯科用ドリル、歯科用バー、及び歯科用艶出しツールから成る群から選択される、第 3 1 の実施形態のメタルボンド研磨物品を提供する。

【 0 0 8 9 】

第 3 3 の実施形態では、本開示は、バインダ前駆体物質により一緒に結合した金属性粒子及び研磨粒子を含むメタルボンド研磨物品前駆体であって、

メタルボンド研磨物品前駆体の少なくとも一部を通って延びる少なくとも 1 つの蛇行状の冷却通路、又は

メタルボンド研磨物品前駆体の少なくとも一部を通って延びる少なくとも 1 つの弓状の冷却通路のうちの少なくとも 1 つを更に備える、メタルボンド研磨物品前駆体を提供する。

【 0 0 9 0 】

第 3 4 の実施形態では、本開示は、歯科用回転ツールであって、歯科用ツールの少なくとも一部分が、焼結金属粒子を含む多孔性のメタルボンドマトリックス内に分散して保持された研磨粒子を含む、歯科用回転ツールを提供する。

【 0 0 9 1 】

第 3 5 の実施形態では、本開示は、歯科用ツールは歯科用バーである、第 3 4 の実施形態の歯科用回転ツールを提供する。

【 0 0 9 2 】

第 3 6 の実施形態では、本開示は、歯科用回転ツールは、15 ~ 50 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、第 3 4 又は第 3 5 の実施形態の歯

10

20

30

40

50

科用回転ツールを提供する。

**【0093】**

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示されるが、これらの実施例で引用される特定の材料及びそれらの量、並びに他の条件及び詳細は、本開示を不适当に限定するものとして解釈されるべきではない。

**【実施例】**

**【0094】**

特に断らない限り、実施例及び明細書の他の部分における全ての割合、パーセンテージ、比率などは、重量による。実施例では、 $^{\circ}\text{C}$ は摂氏度であり、gはグラムであり、minは分であり、mmはミリメートルであり、secは秒であり、rpmは毎分当たり回転数である。10

**【0095】**

下の表1は、実施例に使用される物質の略語を列挙している。

**【0096】**

**【表1】**

表1

略語	記述
PDR1	The ExOne Company(North Huntingdon, Pennsylvania)製のPM-R1-S4-30ステンレス鋼粉末
PDR2	Pinnacle Abrasives(Santa Rosa, California)製のCMD, 200/230 Mesh, D76ダイヤモンド粉末
PDR3	Lands Superabrasives Co.(New York, New York)製のLS00 270/325ダイヤモンド粉末
PDR4	Washington Mills Electro Minerals(Niagara Falls, New York)製のDURALUM SPECIAL WHITE 60グリット酸化アルミニウム粉末
BIN	The ExOne Company(North Huntingdon, Pennsylvania)製のPM-B-SR1-04として入手したエーテル溶剤ベースのポリマー・バインダ
BRO1	The ExOne Company(North Huntingdon, Pennsylvania)製のPM-I-R1青銅粉末
BRO2	Goodfellow Cambridge Limited(Huntington, England)製のLS431155LO/Cu226020/1青銅粉末(Cu80/Sn20、最大粒径53ミクロン)
BRO3	Foxmet S.A.(Dondelange, Luxembourg)製の、最大粒径53ミクロンのFINE SPHERICAL BRONZE POWDER-GRADE80/20青銅粉末(Cu80/Sn20)

20

**【0097】**

**実施例1**

混合物重量基準で89%のPDR1及び11%のPDR2を混合して、プリント材料(400g)を準備した。The ExOne Company(North Huntingdon, Pennsylvania)から入手したX1-Lab 3Dプリンタの形成ボックスにプリント材料を詰めた。プリンタのバインダ供給ボトルにBINを詰めた。ステンレス鋼用の以下の操作パラメータを使用して、製造者の操作指示書によるプリント手順及び順序によって、3Dプリントを行った。層厚100ミクロン、スプレッダスピード25mm/秒、プリント飽和度70%レベル、90%ヒータ出力時の乾燥時間60秒。プリントプロセス中、粉末混合物は、良好に展開し、均一な平坦層を形成した。ダイヤモンド砥粒は、一様に分布しているように見えた。プリントが終了した後、物体及び周囲の粉末を含む粉末床をプリンタから取り出し、周囲雰囲気オーブン(ambient atmosphere oven)内に配置して195℃で2時間硬化させた。プリントされた物体を粉末床から取り出し、固まっている粉末を柔らかな起毛ブラシを使用して除去した。40

**【0098】**

次いで、以下のようにセグメント物体に青銅を注入した。製造者のガイドラインに従ってPDR1で作られ、BRO1を満たした3Dプリントカップ内の毛細管の上に物体を配置した。物体及び溶浸材BRO1を含むこのカップを炉内に配置し、以下の手順で加熱した。炉には、23℃で10分間減圧し、その後に窒素を満たした。温度を100℃/50

分で 250 まで上昇させ、10 分間保持し、次いで 10 / 分で 420 まで上昇させ、30 分間保持した。その後に温度を 10 / 分で 630 まで上昇させ、90 分間保持し、次いで 5 / 分で 1100 まで上昇させ、1 分間保持し、次いで 2 / 分で 1125 まで上昇させ、90 分間保持した。このプロセスで、バインダをバーンアウトし、青銅を融解、毛細管を通じて移動させて、プリントされたセグメント物体に注入した。次いで、炉を 10 / 分で 23 まで冷却した。室温に戻った後に、注入物体が付着したカップを炉から取り出し、物体を管から取り外した。

#### 【0099】

得られた研磨セグメントは、図 5 に示されており、長さ 2.5 cm × 幅 2.5 cm の外側（最大）面及び厚さ 0.6 cm の寸法を有していた。研磨セグメントの研磨作用について以下のように試験した。物体を万力に固定した。回転する鋼製のミリングカッターを研磨セグメントに押し付けた。ミリングカッターと研磨セグメントが接触すると、煙及び熱の発生が即座に観察された。目視観察によって、鋼製ツールの切削エッジ及び溝が、注入研磨セグメントとの接触の結果により激しく研磨されていることが明らかになった。

#### 【0100】

##### 実施例 2

混合物重量基準で 70 % の PDR 1、11 % の PDR 2 及び 19 % の BRO 2 を混合して、プリント材料 (400 g) を準備した。The ExOne Company から入手した X1 - Lab 3D プリンタの形成ボックスにプリント材料を詰めた。プリンタのバインダ供給ボトルに BIN を詰めた。ステンレス鋼用の以下の操作パラメータを使用して、製造者の操作指示書によるプリント手順及び順序によって、3D プリンティングを実行した。層厚 100 ミクロン、スプレッダスピード 5 mm / 秒、プリント飽和度 100 % レベル、90 % ヒータ出力時の乾燥時間 60 秒。プリンティングが終了した後、物体及び周囲の粉末を含む粉末床をプリンタから取り出し、周囲雰囲気オーブン内に配置して 195 で 2 時間硬化させた。23 まで冷却した後に、次いで、プリントされ硬化したディスクを粉末床から取り出し、固まっている粉末を柔らかな起毛ブラシを使用して除去した。得られた研磨物品は、外径 22 mm、中心穴直径 1.5 mm、及び厚さ 0.6 mm の平坦なダイヤモンド切削ディスクであった。

#### 【0101】

黒鉛るつぼ内の PDR 4 の床内にディスクを配置した。次いで、るつぼを炉内に配置し、実施例 1 において記述したような加熱手順によって窒素雰囲気下で加熱した。23 まで冷却した後に、青銅が融解し、ステンレス鋼及びダイヤモンド砥粒を結束して、多孔性ではあるが安定した部品を形成していることを観察した。部品は、デジタルキャリパーによって加熱の前後におけるディスク直径を測定して比較すると、約 3 % 収縮していた。

#### 【0102】

##### 実施例 3

混合物重量基準で 45 % の PDR 1、25 % の PDR 3 及び 30 % の BRO 2 を混合して、プリント材料 (400 g) を準備した。The ExOne Company から入手した X1 - Lab 3D プリンタの形成ボックスにプリント材料を詰めた。プリンタのバインダ供給ボトルに BIN を詰めた。歯科用バー ヘッドの前駆体部分を図 2 の歯科用バー ヘッド 210 の形状（外径 5 mm、内径 3 mm）にプリントするために、ステンレス鋼用の以下の操作パラメータを使用して、製造者の操作指示書による印刷手順及び順序によって、3D プリンティングを実行した。層厚 200 ミクロン、スプレッダスピード 5 mm / 秒、プリント飽和度 120 % レベル、90 % ヒータ出力時の乾燥時間 120 秒。粉末混合物は、良好に展開し、均一な平坦層を形成した。ダイヤモンド砥粒は、一様に分布しているように見えた。プリントプロセスが終了した後、物体及び周囲の粉末を含む粉末床をプリンタから取り出し、周囲雰囲気オーブン内に配置して 195 で 2 時間硬化させた。23 まで冷却した後に、次いで、プリントされ硬化した歯科用バー ヘッド前駆体を粉末床から取り出し、固まっている粉末を柔らかな起毛ブラシを使用して除去した。

#### 【0103】

10

20

30

40

50

直径 3 mm × 長さ 40 mm のステンレス鋼製の軸を歯科用バーへッドに挿入した。得られた組立体を P D R 4 に浸け、炉内に配置し、以下の手順で窒素雰囲気下で加熱した。炉に 23 で 10 分間減圧にして、その後に炉を窒素で満たした。次いで 23 で 10 分間再度減圧にして、炉を窒素で満たした。温度を 5 / 分で 500 まで上昇させ、60 分間保持し、次いで 2 / 分で 600 まで上昇させ、90 分間保持した。その後に温度を 2.5 / 分で 1000 まで上昇させ、1 分間保持し、次いで 2 / 分で 1120 まで上昇させ、90 分間保持した。炉を、次いで 23 まで冷まし、図 2 に示す得られた歯科用バーを取り出した（歯科用バーへッド：外径 5 mm、内径 3 mm）。熱処理に続いて、ヘッドを軸に十分に付着させた。歯科用バーへッドの多孔率を比重計 (MicrometRICS Corporation (Norcross, Georgia) 製の C C U PYC 1330) を使用して測定すると、43 % であった。

#### 【0104】

##### 研磨試験

実施例 3 の歯科用バーを、力を調節して試験材にバーを押し付けることができる試験装置である Dremel ドリルに挿入した。試験材は、Filtek Supreme Ultra Universal (3M ESPE (Saint Paul, Minnesota)) の歯科用修復化合物質を、 $15 \times 25 \times 1.8$  mm サイズのブロックに鋳造し、出力 84 に設定された UV - Vis LED Source モデル CF 2000 (Clearstone Tech 製 (Hopkins, Minnesota)) を使用して、2つの主面のそれぞれを 20 秒間の露出で光硬化したブロックであった。試験材の 1 つの主面に熱電対を取り付けた。ドリルを 10000 RPM の回転スピードに設定し、力を 200 gf に設定した。熱電対とは反対側にある材料の主面にバーを 60 秒間押し進め、0 秒後、30 秒後、45 秒後及び 60 秒後それぞれの温度上昇を記録した。バーが物質を除去し、切込みを形成するのが観察された。バーを取り外して、走査型電子顕微鏡 (SEM) を使用して 100 倍に拡大して確認した。バーに削り屑の蓄積がないことを観察した。

#### 【0105】

同じ外径の市販されている比較用の歯科用バー (Brasseler USA (Savannah, Georgia) 製のモデル 840 11 055 MED F L T E C y l i n、100 ミクロンダイヤモンド) を使用してこの手順を繰り返した。研磨の前後におけるこの比較用バーの SEM 画像を比較すると、比較用バー (モデル 840 11 055 MED F L T E C y l i n) には視認可能な削り屑の相当な蓄積があることを確認した。

#### 【0106】

表 2 は、実施例 3 の歯科用バー及び比較用バー (モデル 840 11 055 MED F L T E C y l i n) についての上記の手順における研磨中の温度を示している。加熱の低減は、研磨における生活歯の熱損傷の低減と関連する。

#### 【0107】

【表2】

表2

研磨の持続時間 秒	温度、°C	
	実施例3の歯科用バー	比較用の歯科用バー、 モデル840 11 055 MED FLTE Cylin
0	25.0	25.0
30	37.0	37.0
45	40.0	42.0
60	42.5	46.0

10

## 【0108】

特許証用の上記出願における全ての引用文献、特許明細書、及び特許出願明細書は、それらの全体が一定の方式で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部分と本出願との間に不一致又は矛盾がある場合は、前述の説明の情報が優先すべきである。特許請求される開示を当業者が実施することを可能にするために示される前述の説明は、請求項及びその全ての均等物によって規定される本開示の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。

20

【図1】

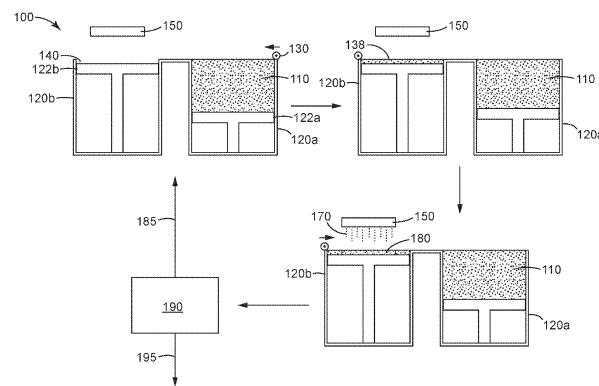


FIG. 1

【図2】

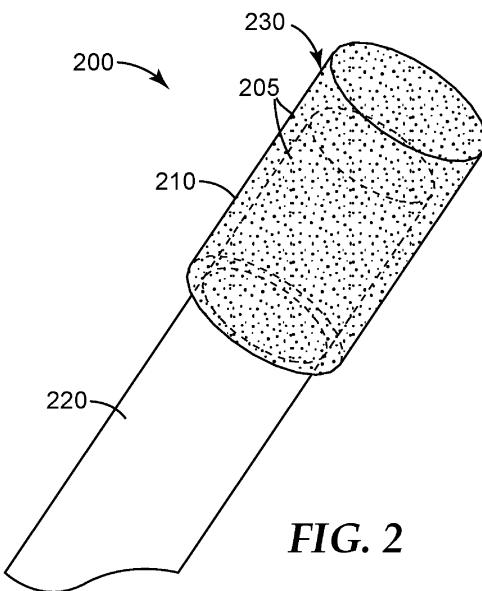


FIG. 2

【図3】

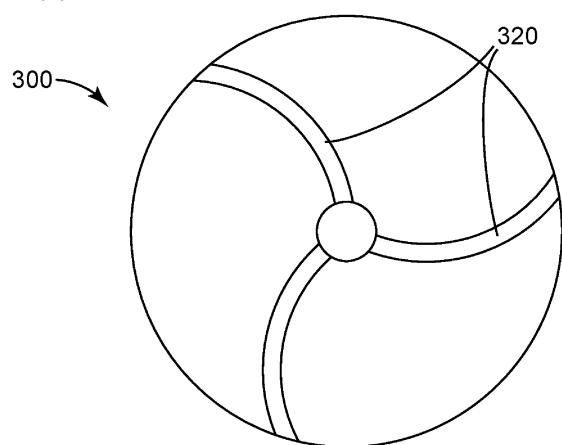


FIG. 3

【図4】

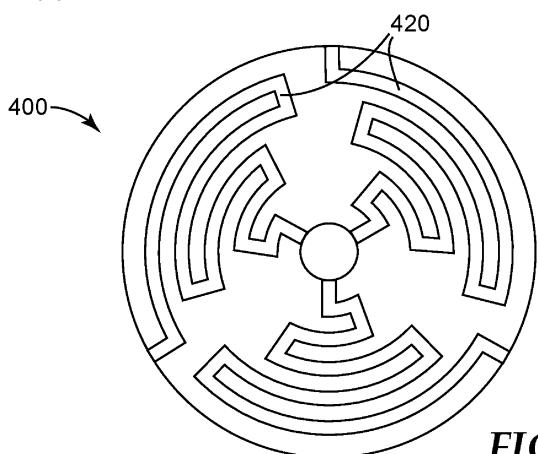


FIG. 4

【図5】

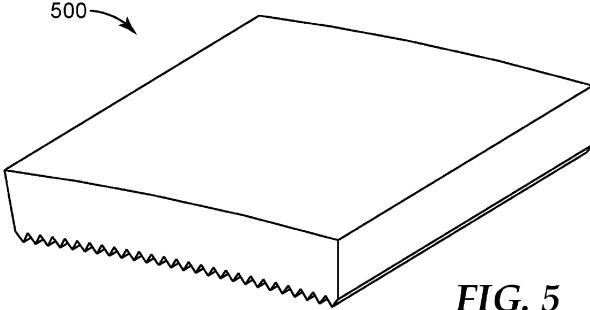


FIG. 5

【図6】

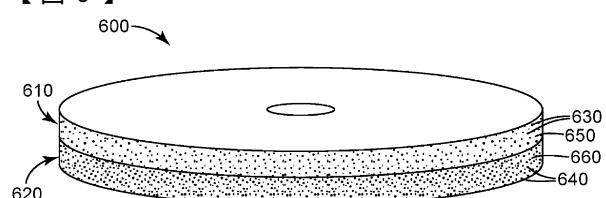


FIG. 6

---

フロントページの続き

- (72)発明者 フランク , カーステン  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 ゴアーズ , ブライアン ディー .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 スミソン , ロバート エル . ダブリュ .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 アデフリス , ネグス ビー .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 シュクラ , ブライアン エー .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 ハーパー ,マイケル シー .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター
- (72)発明者 プロトニコフ ,エリザヴェータ ワイ .  
アメリカ合衆国 , ミネソタ州 55133-3427 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427 , スリーエム センター

審査官 山内 康明

- (56)参考文献 特表2008-531307(JP,A)  
特表2004-524170(JP,A)  
特開平04-372366(JP,A)  
特開平06-091536(JP,A)  
米国特許出願公開第2006/0185257(US,A1)  
特開平06-218712(JP,A)  
米国特許第05340656(US,A)  
米国特許第05660621(US,A)  
特開平08-011051(JP,A)  
特表2011-530417(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B24D 3 / 00  
B24D 3 / 06