

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6445868号
(P6445868)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018.12.7)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 2 D 19/06 (2006.01)
 B 2 2 D 19/00 (2006.01)
 B 2 2 D 19/08 (2006.01)
 C 2 2 C 37/00 (2006.01)
 C 2 2 C 1/10 (2006.01)

B 2 2 D 19/06 Z
 B 2 2 D 19/00 E
 B 2 2 D 19/08 A
 C 2 2 C 37/00 K
 C 2 2 C 1/10 G

請求項の数 58 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2014-555617 (P2014-555617)
 (86) (22) 出願日 平成25年1月29日 (2013.1.29)
 (65) 公表番号 特表2015-512785 (P2015-512785A)
 (43) 公表日 平成27年4月30日 (2015.4.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/023541
 (87) 国際公開番号 W02013/116183
 (87) 国際公開日 平成25年8月8日 (2013.8.8)
 審査請求日 平成28年1月28日 (2016.1.28)
 (31) 優先権主張番号 61/593,091
 (32) 優先日 平成24年1月31日 (2012.1.31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 518269669
 エスコ・グループ・エルエルシー
 アメリカ合衆国オレゴン州97210-2
 578, ポートランド, ノースウエスト・
 トゥエンティフィフス・アベニュー 21
 41
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100118902
 弁理士 山本 修
 (74) 代理人 100106208
 弁理士 宮前 徹
 (74) 代理人 100120112
 弁理士 中西 基晴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐摩耗材料及び耐摩耗材料を形成するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

方法であって、

摩耗部材の基体の表面が金型のキャビティと連通するように、金型を基体の表面に近接して配置することと、

金型を溶接又はろう付けにより基体に取り付けることと、

表面に近接して、キャビティ内に多孔質耐摩耗性材料を配置することと、

キャビティと連通して、ダクタイル鋳鉄である金属のマトリックス材料を配置することと、

マトリックス材料の融点以上の温度まで金型及びマトリックス材料を加熱し、そして、
 多孔質耐摩耗性材料に浸透して基体の表面に接触するために、溶融形態のマトリックス材料に対して十分な時間の間溶融マトリックス材料が金型に含まれた状態で融点以上に前記温度を保持することと、

金型及びマトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を鉄中の黒鉛塊として固化すると共に基体と金型に結合されたマトリックス材料内に埋め込まれた耐摩耗性材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、

マトリックス材料のダクタイル鋳鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 .

10

20

0.3%の硫黄、及び、約0.01 - 0.1%のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、方法。

【請求項3】

請求項1記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、方法。

【請求項4】

請求項3記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、WC、TiC、SiC、Cr₃C₂、VC、ZrC、NbC、TaC、(W、Ti)C、B₄C、Mo₂C、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、方法。

10

【請求項5】

請求項3記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、TiN、BN、Si₃N₄、ZrN、VN、Ta₂N、NbN、HfN、CrN、MoN、WN、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、方法。

【請求項6】

請求項3記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タングステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、方法。

20

【請求項7】

請求項3記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、方法。

【請求項8】

請求項1記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、浸透ろう付けに好適なぬれ性を有するコーティングがされる、方法。

30

【請求項9】

請求項1記載の方法において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の複数の表面上に形成されている、方法。

【請求項10】

請求項1記載の方法において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の表面の一部のみに形成されている、方法。

【請求項11】

請求項1記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態である、方法。

40

【請求項12】

請求項11記載の方法において、

粒子状材料は、焼結によって互いに結合される、方法。

【請求項13】

請求項11記載の方法において、

粒子状材料は、ポリマー材料によって互いに結合され、温度は、加熱中に粒子状材料からポリマー材料を除去するために十分である、方法。

【請求項14】

請求項1記載の方法において、

50

金型は、キャビティを画定するために基体に接続された金属薄板のシェルを備え、
シェルは、シェルの外面への開口を有し、
多孔質耐摩耗性材料は、前記開口を通じた挿入によってキャビティ内に配置される、方法。

【請求項 15】

請求項 1 記載の方法において、
多孔質耐摩耗性材料は、パラパラの微粒子物質の形態である、方法。

【請求項 16】

請求項 1 記載の方法において、
加熱は、炉チャンバ内で実行され、
前記方法は、さらに、
マトリックス材料の溶融点に達する温度の前に排気されることを備える、方法。

10

【請求項 17】

請求項 16 記載の方法において、
前記方法は、さらに、
マトリックス材料が溶融された後に、不活性ガスをチャンバに導入することを備える、方法。

【請求項 18】

請求項 16 記載の方法において、
金型は、多孔質耐摩耗性材料と接触している透過性部分を有し、
前記方法は、さらに、
マトリックス材料が溶融される前にチャンバの中に不活性ガスを導入することを備える、方法。

20

【請求項 19】

摩耗部材を形成するためのシステムであって、
表面を有する基体と、
基体の表面が金型のキャビティと連通するように、基体の表面に溶接又はろう付けされた金型と、
表面に近接した、キャビティ内の多孔質耐摩耗性材料と、
キャビティと連通した、ダクタイル鋳鉄である金属のマトリックス材料と、を備え、
システムは、
マトリックス材料の融点以上の温度まで金型及びマトリックス材料を加熱し、そして、
多孔質耐摩耗性材料に浸透して基体の表面に接触するために、溶融形態のマトリックス材料に対して十分な時間の間融点以上に上記温度を保持するように構成されると共に、金型及びマトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を鉄中の黒鉛塊として固化すると共に基体の表面と金型に結合された耐摩耗性複合材のコーティングを形成するように構成される、システム。

30

【請求項 20】

請求項 19 記載のシステムにおいて、
マトリックス材料のダクタイル鋳鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、システム。

40

【請求項 21】

請求項 19 記載のシステムにおいて、
多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、システム。

【請求項 22】

請求項 21 記載のシステムにおいて、

50

多孔質耐摩耗性材料は、 WC 、 TiC 、 SiC 、 Cr_3C_2 、 VC 、 ZrC 、 NbC 、 TaC 、 $(W, Ti)C$ 、 B_4C 、 Mo_2C 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、システム。

【請求項 23】

請求項 21 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、 TiN 、 BN 、 Si_3N_4 、 ZrN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 HfN 、 CrN 、 MoN 、 WN 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、システム。

【請求項 24】

請求項 21 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タンゲステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、システム。

【請求項 25】

請求項 21 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、システム。

【請求項 26】

請求項 19 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態である、システム。

【請求項 27】

請求項 19 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、パラパラの微粒子物質の形態である、システム。

【請求項 28】

掘削機に取り付けられる地面係合工具であって、

表面に結合された耐摩耗性複合材のコーティングをもつ表面を有する金属基体と、
基体に溶接又はろう付けされた金型と、

を備え、

耐摩耗性複合材のコーティングは、

— 多孔質耐摩耗性材料と、

— 多孔質耐摩耗性材料と一緒に混合される金属マトリックス材料と、を備え、

金属マトリックス材料は、さらに、耐摩耗性複合材のコーティングを基体に結合するために基体の表面に結合され、

金属マトリックス材料は、ダクタイル鋳鉄である、地面係合工具。

【請求項 29】

請求項 28 記載の地面係合工具において、

金属マトリックス材料のダクタイル鋳鉄は、重量パーセントで、約 3.0 - 4.0 % のカーボン、約 1.8 - 2.8 % のケイ素、約 0.1 - 1.0 % のマンガン、約 0.01 - 0.03 % の硫黄、及び、約 0.01 - 0.1 % のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、地面係合工具。

【請求項 30】

請求項 29 記載の地面係合工具において、

金属マトリックス材料の合成物は、最大 37 重量 % のニッケルを更に備える、地面係合工具。

【請求項 31】

請求項 29 記載の地面係合工具において、

金属マトリックス材料の合成物は、最大 5.5 重量 % のクロムを更に備える、地面係合工具。

【請求項 3 2】

請求項 2 9 記載の地面係合工具において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 5 . 5 重量 % のケイ素を更に備える、地面係合工具。

【請求項 3 3】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、少なくとも 1 9 . 0 5 c m (7 . 5 インチ) の厚さを有する、地面係合工具。

【請求項 3 4】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の厚さよりも大きい厚さを有する、地面係合工具。

10

【請求項 3 5】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
製造物品は、土木機械のポイントである、地面係合工具。

【請求項 3 6】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、粒子状材料であり、金属マトリックス材料と一緒に多孔質耐摩耗性材料を結合する、地面係合工具。

【請求項 3 7】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、地面係合工具。

20

【請求項 3 8】

請求項 3 7 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、W C、T i C、S i C、C r₃C₂、V C、Z r C、N b C、T a C、(W、T i) C、B₄C、M o₂C、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、地面係合工具。

【請求項 3 9】

請求項 3 7 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、T i N、B N、S i₃N₄、Z r N、V N、T a N、N b N、H f N、C r N、M o N、W N、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、地面係合工具。

30

【請求項 4 0】

請求項 3 7 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タングステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、地面係合工具。

40

【請求項 4 1】

請求項 3 7 記載の地面係合工具において、
多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、地面係合工具。

【請求項 4 2】

請求項 2 8 記載の地面係合工具において、
基体は、前記表面に接続されると共に前記表面から外方に延在する複数の突出部を有し、
複数の突出部は、耐摩耗性複合材のコーティングに埋め込められている、地面係合工具。

50

【請求項 4 3】

請求項 4 2 記載の地面係合工具において、
複数の突出部は、基体の外面に対称的に分配された複数のリブからなる、地面係合工具。

【請求項 4 4】

土木機械の摩耗部材であって、
作用部分と、
作用部分に重なる複合材コーティングと、
作用部分に溶接又はろう付けされた部分で複合材コーティングに重なって複合材コーティングを含むシート状金属の金型と、を備え、
複合材コーティングは、
— 多孔質耐摩耗性材料と、
— 多孔質耐摩耗性材料と一緒に混合され、ダクティル鋳鉄であるマトリックス材料と、
を有し、
マトリックス材料は、複合材コーティングを作用部分と金型に結合する、摩耗部材。

10

【請求項 4 5】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
ダクティル鋳鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、摩耗部材。

20

【請求項 4 6】

請求項 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 3 7 重量 % のニッケルを更に備える、摩耗部材。

【請求項 4 7】

請求項 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 5 . 5 重量 % のクロムを更に備える、摩耗部材。

【請求項 4 8】

請求項 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 5 . 5 重量 % のケイ素を更に備える、摩耗部材。

30

【請求項 4 9】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
多孔質耐摩耗性材料は、粒子状材料であり、マトリックス材料と一緒に多孔質耐摩耗性材料を結合する、摩耗部材。

【請求項 5 0】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、摩耗部材。

40

【請求項 5 1】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
基体は、前記表面に接続されると共に前記表面から外方に延在する複数の突出部を有し、

複数の突出部は、耐摩耗性複合材のコーティングに埋め込められている、摩耗部材。

【請求項 5 2】

請求項 5 1 記載の摩耗部材において、
複数の突出部は、作用部分に対称的に分配された複数のリブからなる、摩耗部材。

50

【請求項 5 3】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の厚さよりも大きい厚さを有する、摩耗部材。

【請求項 5 4】

請求項 4 4 記載の摩耗部材において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、少なくとも 1 9 . 0 5 c m (7 . 5 インチ) の厚さを有する、摩耗部材。

【請求項 5 5】

方法であって、
キャビティを画定するために、基板の表面に近接して、透過性部分を有する金型を配置 10
することと、

金型を溶接又はろう付けにより基体に取り付けることと、

多孔質耐摩耗性材料をキャビティ内に配置することと、

キャビティと連通してダクトイル鋳鉄の金属マトリックス材料を配置することであって、
金属マトリックス材料は多孔質耐摩耗性材料に対して側方に配置される、金属マトリッ 20
クス材料を配置することと、

多孔質耐摩耗性材料と反対側に、金属マトリックス材料に隣接して変位媒体を配置する
ことと、

マトリックス材料の融点以上の温度に加熱することにより、溶融したマトリックス材料
を形成するためにマトリックス材料を溶融することと、 20

溶融したマトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するまで溶融マトリックス材料
が金型に含まれた状態で溶融点以上に前記温度を保持することであって、変位媒体は、溶
融マトリックス材料を支持し、溶融マトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するよ
うに溶融マトリックス材料を変位させる、溶融点以上に前記温度を保持することと、

金型及びマトリックス材料を冷却して、黒鉛塊を含むようにマトリックス材料を固化す
ると共に基体と金型に結合されたマトリックス材料内に埋め込まれた耐摩耗性材料を含む
耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

【請求項 5 6】

請求項 5 5 記載の方法において、
変位媒体の材料は、セラミックビーズからなる、方法。 30

【請求項 5 7】

請求項 5 5 記載の方法において、
変位媒体とマトリックス材料との間にバリアを配置することを更に備える、方法。

【請求項 5 8】

請求項 5 5 記載の方法において、
基体が管状構造を含み、表面は管状構造の内面であり、
溶融マトリックス材料は、横方向外側に浸透して、管状構造の内面上に耐摩耗性複合材
のコーティングを形成し、
変位媒体は、管状構造の中心に配置され、溶融マトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料
に浸透するように外方に変位する、方法。 40

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0 0 0 1】

本出願は、その全体が参照により本明細書に組み込まれ、本明細書の一部とされる 2 0
1 2 年 1 月 3 1 日に提出された米国仮出願第 6 1 / 5 9 3 0 9 1 号の優先権を主張し、米
国仮出願第 6 1 / 5 9 3 0 9 1 号の利益を主張する。

【技術分野】

【0 0 0 2】

本出願は、概ね、耐摩耗材料を形成するためのシステム及び方法に関し、より具体的に 50

は、耐摩耗材料を形成すると共に耐摩耗材料をろう付けによって基体に接続するための浸透技術を利用するシステム及び方法並びにそのシステム及び方法の製品に関する。

【背景技術】

【0003】

さまざまなタイプの掘削装置は、ポイント、エッジ、サーフェス、繰り返し衝撃やストレスにさらされている他の部分を有し、それは、そのような部品の摩耗又は破損を生じる。従って、高い硬度と優れた靱性と結び付けられた耐摩耗性を有する材料が、そのような用途に望ましい。高い硬度と耐摩耗性を有する材料は、同様の課題が直面しているアプリケーションを含め、他のアプリケーションにおいて有用であり得る。

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

耐摩耗部品を製造するための一つ一般的な技法は、耐摩耗部品を鑄造金属部品に取り付けて耐摩耗合成物を形成するために、金型に配置された硬い耐摩耗材料の周りに熔融金属（例えば、鑄鉄）を注入することによってその部品を鑄造する。この方法の主な欠点は、この方法によってその上に耐摩耗材料が取り付けられた基体が鑄造するのに適した材料に制限されることである。さらに、耐摩耗材料は、一般的に、5 - 50 %の体積分率の範囲に制限されると共に、50 μ mよりも大きな粒子に制限され、その部品は、一般的に、6 . 25 mm (0 . 250 インチ) 未満の厚さに制限される。さらに、この方法は、約 200 乃至 400 まで溶融合金を過熱する必要がある、それは、炭化物粒子の著しい溶解をもたらす、それによって、得られた複合物の特性を劣化させる。さらには、そのような鑄造が空気中で行われるため、硬質粒子及びマトリックス金属の双方の酸化の可能性がある、酸化物が複合物に包括され、摩耗特性及び機械的性能を低下させる。

20

【0005】

耐摩耗部品を製造するための別の一般的な技術は、純粋な炭化タングステン及び超硬合金粒子の双方の多孔質塊の中へのニッケル系合金、銅系合金及び / 又は鑄鉄の浸透である。しかしながら、ニッケル系合金及び銅系合金は高価であり、鑄鉄はすべてのアプリケーションのために満足のいくものである靱性を有していない。ダクタイル鑄鉄は、鑄造可能であると共に良好な破壊靱性を有するはるかに経済的な材料を意味する。しかしながら、これらの技術のために用いられる条件は、ダクタイル鑄鉄の浸透には適していない。また、これらの技術に関連される浸透温度は、硬質粒子の著しい分解が起こるのが非常に高い。これらの技術を用いて鑄鉄の球状鑄造炭化物への浸透の場合、元の炭化物粒子が完全に分解する。熔融結合金属と超硬合金粒子との間の冶金学的相互作用の結果として、そのような技術に対する粒子のサイズは、典型的には、1 . 14 mm (0 . 045 インチ) 以上に維持されなければならない、その結果、反応後でさえ、耐摩耗性を提供するために残された硬質粒子の比較的大きな部分がある。

30

【0006】

従って、特定の既存製品及び方法は、多くの有利な特徴を提供するが、それにもかかわらず、一定の限界を有する。本発明は、これらの特定の制限および従来技術の他の欠点を克服すると共に従来利用できない新規な機能を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下に、本発明の基本的な理解を提供するために、本発明の態様の概要を提示する。この概要は、本発明の広範な概要ではない。本発明の主要または重要な要素を特定する又は本発明の範囲を線引きすることを意図するものではない。以下の概要は、単に、以下に提供されるより詳細な説明の前置きとして、一般的な形態で本発明のいくつかの概念を提示する。

【0008】

本発明の態様は、基体上に耐摩耗性複合材のコーティングを形成する際に使用されるための方法に関する。金型は、基体の表面に近接して配置され、その表面は金型のキャビテ

50

ィと連通し、多孔質の耐摩耗性材料は、表面に近接して、キャビティ内に配置される。次に、金属マトリックス材料は、キャビティと連通して配置され、金型及びマトリックス材料は、マトリックス材料の融点以上の温度に加熱される。温度は、溶融形態の耐摩耗材料に浸透して基体の表面に接触するために、マトリックス材料に対する十分な時間の間融点以上に保持される。その後、金型及びマトリックス材料は、冷却されて、マトリックス材料を固化すると共に基体の表面上のマトリックス材料内に埋め込まれた耐摩耗材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成する。マトリックス材料は、一実施形態ではダクタイル鑄鉄であり、ダクタイル鑄鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物を有する合成物である。ニッケル（最大 3 7 重量 %）、クロム（最大 5 . 5 重量 %）及び / 又はケイ素（最大 5 . 5 重量 %）などの他の成分及び添加物は、ダクタイル鑄鉄に含まれることができる。

10

【 0 0 0 9 】

一態様によれば、耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料を含むことができる。使用されることができるカーバイドの例は、 WC 、 TiC 、 SiC 、 Cr_3C_2 、 VC 、 ZrC 、 NbC 、 TaC 、 $(W, Ti)C$ 、 B_4C 、 Mo_2C 、及びそれらの組み合わせ、を含む。使用されることができる窒化物の例は、 TiN 、 BN 、 Si_3N_4 、 ZrN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 HfN 、 CrN 、 MoN 、 WN 、及びそれらの組み合わせ、を含む。使用されることができるホウ化物の例は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タングステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、を含む。使用されることができるケイ化物の例は、遷移金属のケイ化物を含む。耐摩耗性材料は、更に、湿潤互換性のあるコーティングを有することができる。

20

【 0 0 1 0 】

別の態様によれば、複合コーティングは、基体の表面上に形成されることができ、あるいは、基体の表面の一部分だけに形成されることができる。

【 0 0 1 1 】

30

さらなる態様によれば、多孔質の耐摩耗性材料は、パラパラの微粒子材料の形態、あるいは、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態にすることができる。プレフォームの粒子状材料は、焼結によって、又はポリマー材料によってなどいくつかの異なる方法と一緒に結合されることができる。ポリマー材料が結合のために使用される場合、材料は、ろう付け温度が加熱中に粒子材料からポリマー材料を取り除くために十分であるように、選択されることができる。

【 0 0 1 2 】

さらに別の態様によれば、金型は、キャビティを画定するために基体に接続された金属薄板シェルにする又はその金属薄板シェルを含むことができる。シェルは、シェルの外面への開口を有することができ、多孔質の耐摩耗性材料は、その開口を通じた挿入によってキャビティ内に配置されることができる。そのようなシェルは、基体の厚さよりも十分に薄い壁の厚さを有し、基体の外面に溶接されることができる。

40

【 0 0 1 3 】

さらに別の態様によれば、加熱は、炉チャンバ内で実行され、そのチャンバは、マトリックス材料の溶融点に達する前に（例えば、0 . 0 0 0 1 又は 0 . 0 0 1 トル乃至 0 . 0 1 0 トル、あるいは、均一な低圧）排出される。不活性ガスは、マトリックス材料が溶融された後に、チャンバに導入される。代替的には、溶融は、マトリックス材料が溶融される前にチャンバの中にアルゴンガスを導入することなどによって、不活性ガスの存在下で行うことができる。この実施形態では、金型は、浸透の間、残留ガスが透過性部分から逃れるのを許容するために多孔質の耐摩耗性材料と接触している透過性部分を有している。

50

【 0 0 1 4 】

さらなる態様によれば、マトリックス材料は、耐摩耗性材料に対して横方向に又は水平方向に少なくとも部分的に配置され、その方法は、マトリックス材料と隣接してかつ耐摩耗性材料とは反対側に変位媒体（例えば、セラミックビーズなどの流動性媒体）を配置することを更に含む。変位媒体は、溶融マトリックス材料を支持し、溶融マトリックス材料が耐摩耗性材料に浸透するように溶融マトリックス材料を変位させる。バリアが、変位媒体とマトリックス材料との間にさらに配置され、変位媒体への溶融マトリックス材料の浸透に抵抗する。横方向の浸透の一例は、基体が管状構造であるときに、溶融マトリックス材料が横方向外側に浸透して管状構造の内面上に複合コーティングを形成することである。この構成では、その変位媒体は、管状構造の中央に配置され、溶融マトリックス材料が耐摩耗性材料を浸透するように外方に変位する。

10

【 0 0 1 5 】

本発明のさらなる態様は、基体の表面上に耐摩耗性の複合コーティングを形成するのに使用するためのシステムに関する。システムは、その表面が、金型キャビティ、表面に近接したキャビティ内の多孔質の耐摩耗性材料、及び、キャビティと連通する金属属マトリックス材料と連通するように、基体の表面に近接して配置された金型を含む。システムは、マトリックス材料の融点以上の温度まで金型及びマトリックス材料を加熱し、溶融形態の耐摩耗性材料を浸透して基体の表面と接触するためにマトリックス材料のための十分な時間の間その温度を維持し、その後、金型及びマトリックス材料を冷却してマトリックス材料を凝固させ、基体の表面上に耐摩耗性コーティングを形成するなど上述の態様による方法に関連して使用可能である。上述したように、マトリックス材料は、ダクタイル 鋳鉄にすることができる。

20

【 0 0 1 6 】

一態様によれば、耐摩耗性材料は、上述した材料を含む、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料を含むことができる。

【 0 0 1 7 】

別の態様によれば、多孔質の耐摩耗性材料は、上述したように、バラバラの微粒子材料の形態、あるいは、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態にすることができる。

30

【 0 0 1 8 】

本発明のさらなる態様は、上述の態様に係るシステム及び / 又は方法に従って、あるいは他のシステム及び / 又は方法によって、製造される製造品に関連する。製造品は、表面に結合された耐摩耗性の複合コーティングを有する表面を持つ金属基体を含む。耐摩耗性の複合コーティングは、耐摩耗性粒子材料及び耐摩耗性粒子材料と一緒に結合する金属マトリックス材料を含む。そのコーティングは、連続したコーティングにすることができる。マトリックス材料は、さらに、耐摩耗性の複合コーティングを基体に結合するために基体の表面に結合される。金属マトリックス材料は、上述の構成物を有するダクタイル 鋳鉄にすることができる。方法は、少なくとも 0.0127 cm (0.005 インチ) で典型的には 0.1016 cm (0.040 インチ) よりも大きい厚さを有するコーティングを形成するために使用されることができる。方法は、最大 15.24 cm (6 インチ) 以上又はいくつかの実施形態では最大 19.05 cm (7.5 インチ) 以上の浸透距離を達成することができ、従って、最大 15.24 cm (6 インチ) 以上又は最大 19.05 cm (7.5 インチ) 以上などの基体自体よりも大きな厚さ、あるいは様々な実施形態においてさらに大きな厚さを有するコーティングを形成するために使用されることができる。

40

【 0 0 1 9 】

一態様によれば、耐摩耗性材料は、上述の例を含む、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料を含むことができる。

【 0 0 2 0 】

50

別の態様によれば、基体は、表面に接続すると共に表面から外方に延在する複数の突起を有する。突起は、耐摩耗性の複合コーティング内に埋め込まれる。一例として、突起は、基体の外面上に対称的に配置された複数のリブ又はプレート部材にすることができる。

【0021】

さらなる態様によれば、物品は、掘削、採鉱、あるいは、他の土木機械のための摩耗部材にすることができ、基体は、複合コーティングが作用部分に重なるように摩耗部材の作用部分によって形成される。

【0022】

本発明の他の特徴及び利点は、添付図面と併せてとられた以下の説明から明らかになる。

10

【0023】

本発明のより完全な理解を可能にするために、添付図面を参照しながら、例として説明される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、本発明の一実施形態にかかる、耐摩耗性の複合材料を形成するために上方からの垂直浸透の例を示す概略図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態にかかる、本発明の一実施形態にかかる、耐摩耗性の複合材料を形成するために下方からの垂直浸透の例を示す概略図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態にかかる、本発明の一実施形態にかかる、耐摩耗性の複合材料を形成するために水平浸透の例を示す概略図である。

20

【図4】図4は、本発明の態様にかかる、浸透の前における、垂直浸透を使用して基体上に耐摩耗性の複合材料を形成するシステム及び方法の一実施形態を示す概略図である。

【図5】図5は、本発明の態様にかかる、浸透の後における、図4に示された方法を使用してその上に形成された耐摩耗性の複合材料を有する基体を示す概略図である。

【図6】図6は、本発明の態様にかかる、浸透の前における、外方への浸透を使用して基体上に耐摩耗性の複合材料を形成するシステム及び方法の別の実施形態を示す概略図である。

【図7】図7は、図6に示されたシステムの断面を示す概略図である。

【図8】図8は、本発明の態様にかかる、浸透の前における、垂直浸透及び水平浸透を使用して基体上に耐摩耗性の複合材料を形成するシステム及び方法の別の実施形態を示す概略図である。

30

【図9】図9は、本発明の態様にかかる、浸透の前における、垂直浸透及び水平浸透を使用して基体上に耐摩耗性の複合材料を形成するシステム及び方法の別の実施形態を示す概略図である。

【図10】図10は、本発明の態様にかかる方法を使用して製造された、ダクティル鉄マトリックスの球状鑄造炭化タングステン粒子の一例を示す顕微鏡写真である。

【図11】図11は、本発明の態様にかかる、方法を使用して浸透プロセスの後における、球状鑄造炭化タングステン/ダクティル鉄複合材料と、残存する過剰なとの間のインターフェースを示す顕微鏡写真である。

40

【図12】図12は、本発明の態様にかかる、浸透方法を使用してその上に形成された耐摩耗性の複合材料を有する基体の別の実施形態を示す概略図である。

【図13】図13は、本発明の別の態様にかかる、真空条件下での炉内でのろう付け材料での多孔質の耐摩耗性材料の浸透のためのシステム及び方法の一例を示す概略図である。

【図14】図14は、本発明の一態様にかかる、ろう付け材料の溶解の前における、真空条件下での炉内でのろう付け材料での多孔質の耐摩耗性材料の浸透のためのシステム及び方法の一例を示す概略図である。

【図15】図15は、ろう付け材料の溶解の後における、部分的なアルゴン圧が炉内に導入された状態の、図14のシステム及び方法の概略図である。

【図16】図16は、本発明の別の態様にかかる、部分的なアルゴン圧の下での炉内での

50

ろう付け材料での多孔質の耐摩耗性材料の浸透のためのシステム及び方法の一例を示す概略図である。

【図 17】図 17 は、掘削又は採鉱の装置のためのポイントの形態の、本発明の態様にかかる使用のために構成された基体の別の実施形態の斜視図である。

【図 18】図 18 は、その外面上に形成された耐摩耗性の複合材料を有する、図 17 の基体の断面図である。

【図 19】図 19 は、本発明の態様にかかる、耐摩耗性の複合材料を形成するための金型として使用するために構成されたシェルの一実施形態の斜視図である。

【図 20】図 20 は、本発明の態様にかかる、耐摩耗性の複合材料を形成するのに使用するために構成された掘削又は採鉱の装置のためのポイントの形態の基体の一実施形態に接続された図 19 のシェルの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明は、図面に示された多くの異なる形態での実施形態が可能であるが、本明細書中において本発明の詳細で好適な実施形態に記載され、そして、本開示が本発明の原理の例示として考えられ、図示され説明された実施形態に本発明の広範な態様を限定するものではないことが理解される。

【0026】

一般に、本発明の態様は、金型キャビティの中に多孔質の耐摩耗性材料を配置し、マトリックス材料を溶融するのに十分な温度まで加熱することによって充填材料をマトリックス材料で浸透させ、その後、耐摩耗性の複合材料を形成するためにアセンブリを冷却することを含む、耐摩耗性の複合材料を形成するためのシステム及び方法に関する。結果として得られる複合材料は、充填材料と混合されると共に充填材料と結合されるマトリックス材料を含み、そして、マトリックス材料は、複合材を基体に結合し、一緒に充填材料を結合する。システム及び方法は、採鉱、掘削又は他の土木機械としての部分あるいは他の機械的部分などの基体の表面上に耐摩耗性の複合材料を形成するのに使用されることができる。本明細書中に記載された基体の“表面”は、複数の様々な表面を含み、明白に言及されない限りそのような表面（複数の表面）に対するあらゆる特定の外形を含まないことが理解される。基体は、例えば、マトリックス材料よりも高い融点を有する浸透プロセスに適している融点を有するあらゆる材料にすることができる。そのような基体の例は、鍛造された、鋳造された、及び粉末冶金で製造された、金属材料並びにセラミック及び金属化セラミックなどのセラミック系材料を含む。一実施形態では、基体は、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、又は工具鋼にすることができる。システム及び方法は、代替的に、単一部品として耐摩耗性の複合材料を形成するために使用されることができる。

【0027】

一実施形態では、方法は、マトリックス材料としてダクタイル鋳鉄を利用すると共に、優れた耐摩耗性及び靱性を持つ緻密で硬質で強靱な複合材料を製造する。付加的に、ダクタイル鋳鉄は、過剰な加熱なしに溶融を可能にするのに十分に低い融点を有する。全てのタイプ/グレードのダクタイル鋳鉄が本発明に従って使用可能であり、本明細書中に参照によって組み込まれた ASTM 標準 A 536 - 84（再承認 2004）によって定義された範囲内にあるあらゆるダクタイル鋳鉄を含む。一実施形態では、ダクタイル鋳鉄は、重量パーセントで、約 3.0 - 4.0 % のカーボン、約 1.8 - 2.8 % のケイ素、約 0.1 - 1.0 % のマンガン、約 0.01 - 0.03 % の硫黄、及び、約 0.01 - 0.1 % のリンを含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物を有する合成物である。本明細書中に使用されるように、用語“約”は、記載された公称値（例えば、組成物の範囲の端点）の ± 10 % の変動を示す。別の実施形態では、組成物は、この分散を含まなくてもよい。さらなる実施形態では、上記組成物は、マトリックス材料の耐食性、耐摩耗性及び / 又は高温特性を改善するために、ニッケル、クロム及び / 又はケイ素などのさらなる合金添加物を含むことができる。例えば、様々な実施形態において、ニッケルは、最大 37 重量 % の量で、クロムは、最大 5.5 重量 % の量で、及び / 又はケイ素は、約 5.5 重量 % の量

で添加されることができる。ダクティル鑄鉄合金は、パフォーマンスを向上させることができる合金添加物を含む、他の実施形態における合金添加物をさらに含んでもよい。そのような合金添加物を有するダクティル鑄鉄合金は、高合金ダクティル鑄鉄として知られており、参照によって本明細書中に組み込まれた A S T M A 4 3 9 及び A 5 7 1 の範囲内に概ね含まれる。また、そのような合金は、本明細書中に記載されたシステム及び方法の実施形態に従って利用されることができる。他の実施形態では、あらゆる合金添加物は、大幅な浸透温度の増加及び/又はマトリックス又は結果として得られる耐摩耗性材料の特性の低下などの過剰に特性又は微細構造に悪影響を及ぼさないという条件で、様々な特性及び/又は微細構造を達成するために利用されることができる。方法は、代替的な実施形態では、ダクティル鑄鉄以外の金属マトリックス材料を有する複合材料を形成するのに利用されることができる。

10

【 0 0 2 8 】

マトリックス材料は、様々な形態で提供されることができる。例えば、一実施形態では、マトリックス材料は、一つ以上のブロック、ビレットなどのモノリシック形態で提供されることができる。別の実施形態では、マトリックス材料は、粉末、繊維、ウスカなどの微粒子形態で提供されることができる。さらなる実施形態では、マトリックス材料は、多孔性形態で提供されることができる。マトリックス材料は、付加的な実施形態においてそのような形態の組み合わせで提供されることができる。

【 0 0 2 9 】

様々な硬質で耐摩耗性材料は、様々な実施形態に関連して充填材料として使用されることができ、様々なカーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイドならびに他の硬質な耐摩耗性材料及びそのような材料の混合物を含み、他のタイプのセラミック材料を含む。そのような材料は、バージン形態で及び/又は湿潤互換性を提供する好適なコーティングで提供される。例えば、耐摩耗材料粒子がマトリックス材料と湿潤互換性がない場合、耐摩耗材料粒子は、浸透ろう付けによって複合材料を形成するために使用される前に湿潤互換性のあるコーティングでコーティングされる。充填材料として使用されるカーバイドは、タングステンカーバイド (W C)、T i C、S i C、C r₃C₂、V C、Z r C、N b C、T a C、(W、T i) C、B₄C、M o₂C、及び他のカーバイドを含む。一実施形態では、球状鑄造 W C、粉碎鑄造 W C、及び/又はセメント化された W C が充填材料として使用される。充填材料として使用される窒化物は、T i N、B N、S i₃N₄、Z r N、V N、T a N、N b N、H f N、C r N、M o N、W N、及び他の窒化物を含む。充填材料として使用されるホウ化物は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タングステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウムならびに他のホウ化物を含む。充填材料として使用されるシリサイドは、遷移金属のシリサイドを含む。充填材料として使用される他の材料は、遷移金属の金属間化合物の合成物を含む。一実施形態では、充填材料は、ろう付け材料への充填材料の溶解を制限又は防止するために、溶融したろう付け材料の制限された溶解性を有する材料に基づいて選択される。本明細書中に使用されるように、用語“マトリックス材料”及び“充填材料”は、マトリックス材料又は充填材料が複合材のあらゆる特定の割合を形成することを意味すると考えるべきではない。例えば、マトリックス材料は、大部分の又は複数の複合材料を形成する必要はなく、充填材料は、いくつかの実施形態において、大部分の又は複数の複合材料を形成することができる。

20

30

40

【 0 0 3 0 】

多孔質の充填材料は、一つ以上の異なる形態で提供されることができる。一実施形態では、多孔質の充填材料は、粉末、繊維、ウスカなどのパラパラの微粒子材料の形態にすることができる。方法は、様々な実施形態において広範囲の粒子の大きさを利用することができ、50 µm 未満の粒子の大きさ又は 1 mm 未満の粒子の大きさを含む。一実施形態では、微粒子充填材料は、0.1 µm よりも大きい粒子の大きさを有する。別の実施形態では、微粒子充填材料は、0.1 µm よりも大きくて最大 5 mm の粒子の大きさを有する

50

。さらなる実施形態では、微粒子充填材料は、約 500 μm の平均粒径を有する。一実施形態では、充填材料は、粗い粒子及び細かい粒子の組み合わせなどの多数の粒子の大きさを提供されることができ、その組み合わせは、充填材料の高い密度及び / 又は体積分率を達成するために使用されることができる。充填材料の任意の所与の体積分率で、そのような細かい粒子の使用は、概ね、より細かい孔の大きさにつながり、これらの孔を充填するマトリックス材料の降伏強さを増加することができ、それによって、材料の全体的な耐摩耗性を増加する。微粒子材料が金型キャビティの中に配置されると、微粒子材料間の空間は、マトリックス材料によって浸透される多孔質構造を形成する。別の実施形態では、多孔質の充填材料は、多孔質のプレフォームの形態にすることができる。多孔質のプレフォームの多孔性は、一実施形態において 5 % 乃至 95 % の範囲にすることができる。例えば、多孔質のプレフォームは、ポリマーバインダーなどのバインダー材料によって一緒に結合される微粒子材料を含む。プレフォームは、浸透プロセスの間、揮発する接着剤などによって、基体材料に取り付けられることができる。浸透によって、熔融マトリックス材料は、（熔融、揮発などによって）バインダー材料を取り除くのに十分な温度を有し、その結果、マトリックス材料は、粒子間の細孔に加えて、バインダーの除去によって残された気孔を埋める。別の例として、多孔質プレフォームは、気孔が粒子間に存在するように焼結によって互いに結合される微粒子材料を含む。一実施形態では、予備焼結されたプレフォームは、その部分が粒子間の頸部成長を達成すると共にいくつかの機械的な取扱い強度を提供するためにわずかに焼結されるので、粒子サイズのオーダーである細孔の大きさを有することができる。他の多孔質材料は、織られた繊維マットまたは織物などを同様に使用されることができる。さらなる実施形態では、多孔質の充填材料は、異なる形態の組み合わせで提供されてもよい。例えば、一実施形態では、充填材料は、充填材料の一部を形成する一つ以上のプレフォームを含むことができ、他の部分は、微粒子材料（例えば、ルーズパウダー、ファイバー、ウスカなど）及び / 又は織られた繊維マットまたは織物によって形成される。

【0031】

マトリックス材料による充填材料の浸透によるろう付け作業は、一般に、それが充填材料と接触しながら又はそうでない場合には充填材料と連通しながら、その融点以上までマトリックス材料を加熱することにより達成されることができ、熔融マトリックス材料が充填材料と接触すると共に多孔質の充填材料を浸透させるのを許容する。充填材料は、概ね、結果として生じる複合材料を基体に接触させるために浸透中にマトリックス材料が基体と接触するために、浸透中に基体と接触してあるいはそうでない場合には基体と連通して配置される。以下に説明されるように、様々な金型が、浸透に関連して利用されることができる。図 1 - 3 は、様々な実施形態にかかる様々な浸透配置を示し、各々は、金型 12 のキャビティ 11 に充填材料 15 を浸透させる熔融マトリックス材料 16 を模式的に示す。図 1 は、重力が浸透を補助する下向きの垂直浸透を示す。しかしながら、浸透は、主に、毛細管現象、水平方向の浸透、上向きの垂直浸透、外向き / 半径方向の浸透、及び、重力を利用していない又は重力に抵抗して動作する他の浸透構成によって、駆動される。図 2 は、上向きの垂直方向の浸透の例を示し、図 3 は、水平方向の浸透の例を示す。以下により詳細に説明されるように、図 6 及び図 7 は、水平方向の浸透の別の例と考えられる外向き又は半径方向の浸透の例を示す。あらゆる下向きでない浸透の実施形態では、技術は、浸透が完了するまで熔融マトリックス材料 16 の充填材料 15 との接触を維持するために、充填材料 15 を浸透させた熔融マトリックス材料 16 を変位させるために利用することができる。例えば、金型 12 は、マトリックス材料 16、充填材料 15 及び基体を適切な接触 / 連通で保持するために浸透中に移動されることができる。別の例として、ラム又は他の圧力機構は、マトリックス材料 15 が浸透中に充填材料と常に接触するのを確実にするために使用される。さらなる例では、セラミックビーズなどの可動材料は、以下に説明されると共に図 6 - 9 に示されるように、浸透マトリックス材料を変位するために使用される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

一実施形態では、マトリックス又はろう付け材料は、溶融点よりも 25 乃至 75 だけ高く過熱され、それは、鑄造のために一般的に必要とされる過熱よりも著しく低い。ダクタイル鑄鉄材料がマトリックス材料として使用される一実施形態では、浸透は、華氏 2150 度乃至華氏 2275 度の温度範囲で、又は別の実施形態では華氏 2175 度の温度で、行われることができる。浸透のための保持時間は、一実施形態では 1 乃至 60 分に行うことができ、より大きな浸透の長さは、一般的により長い浸透時間を利用する。浸透は、融点以上の温度で揮発誘発される溶融金属の飛散を避けることができる、アルゴン (Ar) 雰囲気のような一実施形態における不活性雰囲気中で行われる。一実施形態では、浸透中のアルゴン圧力は、約 6.5×10^{-5} 気圧乃至 4×10^{-4} 気圧にすることができる。浸透に使用される様々な雰囲気は、以下により詳細に説明されると共に図 13 - 16 に示される。浸透の後、部品は、冷却され、例えば、約 20 - 30 分にわたって華氏 1700 度まで冷却され、その後、一実施形態では室温までよりゆっくりと冷却される。特に、基体材料を含む材料の特質に依存して、機械加工及び / 又は熱処理などの後処理が実行される。例えば、基体の独自性に依存して、焼入れなどの熱処理、焼き戻しによって生じた硬化、又は、焼き戻しによって生じたマルテンパーは、周知の技術に従って実行される。いくつかの基体は、いくつかの (あるいは任意の) 熱処理に有益でないことが理解される。機械加工は、得られる部品の意図される用途に基づいて、望まれる又は望まれない。

10

【 0 0 3 3 】

上述された充填材料の浸透は、主に、毛管現象、すなわち、浸透前面に作用する毛管圧によって駆動される。浸透前面における圧力差は、溶融マトリックス材料の表面張力、充填材料に対する溶融マトリックス材料の接触角、充填材料の幾何学的特性 (例えば、多孔性、ねじれ、細孔の大きさ及び形状の変化、及び、溶融材料の見かけの接触角に及ぼす影響)、及び充填材料内の残留ガスの圧力を含む、多くの要因に依存する。これらの要因の多くを制御する自由度は、特定のマトリックス / 充填剤系内に限定される。残留ガス圧は、少なくとも部分的に制御され、充填材料内の残留ガス圧力の最小化は、圧力差及び毛管作用のための駆動力を最大にすることができる。これは、同様に、マトリックス材料が充填材に浸透することができる潜在的な距離を最大化することができる。少なくともいくつかの構成では、一つのプレフォーム又は複数のプレフォームの形態の充填材料の使用は、充填材料の他の形態と比較して、浸透距離を最大にすることができる。

20

30

【 0 0 3 4 】

図 13 - 16 は、充填材料 15 内の残留ガス圧を制御する及び / 又は最小にするためにろう付け操作中に使用される耐摩耗性複合材料を形成するためのシステムまたはアセンブリを示す。これらの実施形態では、浸透は、金型 12、マトリックス材料 16、充填材料 15 を保持するチャンバ 31 を有する炉 30 で実行され、チャンバ 31 内の気圧は、制御されることができる。アセンブリは、後述される金型 12 と連通する基体 (図示せず) を更にも含むことができることを理解される。ろう付け作業の雰囲気は、約 12.7 - 17.78 cm (約 5 - 7 インチ) 以上などの、充填材料のより大きな / より長い距離にわたってマトリックス材料の浸透を駆動するのに十分な毛管圧力勾配を達成するのを助けるように制御されることができる。後述されると共に図 13 - 16 に示される各々の実施形態では、チャンバ 31 は、マトリックス材料 16 の溶融前に実質的に排気される。少なくとも浸透プロセスの初めの排気は、充填材料の酸化を避けるために、一実施形態において好ましい。しかしながら、排気しない又は上述よりもより小さい程度まで排気するなど、様々なプロセスが他の実施形態で使用されることができる。

40

【 0 0 3 5 】

図 13 は、浸透が真空条件下で実施される浸潤のためのシステム 500 の一実施形態を示す。この実施形態では、全体のチャンバ 31 は、マトリックス材料 16 の溶融の前に排気され、浸透過程を通して真空条件下で維持される。一実施形態では、排気後のガス圧力は、0.001 乃至 0.010 トルにすることができ、あるいは、別の実施形態では、0.0001 トルと低くすることができ (例えば、0.0001 乃至 0.010 トル)、あ

50

るいは、さらなる実施形態では、0.0001トル未満にすることができる。浸透は、一実施形態において、約30 - 60分の間、約華氏2180 - 2225度で実行される。マトリックス材料16の溶融の前のチャンバの排気は、充填材料15の残留ガス圧を減少させる又は排除し、それは、毛管現象による浸透を駆動するのを助ける。マトリックス材料内の化学物質の揮発による飛散は、特定の合金、特にかなりのマンガンを含む合金が使用される場合に、マトリックス材料が溶融された後に、真空下でシステムを維持する結果として、出くわすことに留意される。このような飛散は、炉30内の装置を損傷させるだけでなく、ろう付けに使用可能なマトリックス材料16の量を減少させることができる。この飛散は、合金のMn含有量を十分に低く維持することによって低減されることができるが、それをするのは高価になる。また、この飛散は、マトリックス材料16が溶融された後に、チャンバ31内のAr又は他の非反応性ガスの存在によって回避されることができる。

10

【0036】

図14 - 15は、マトリックス材料16が溶融された後に、Arガスがチャンバ31の中に導入された、浸透のためのシステム600の別の実施形態を示す。図14に示されるように、チャンバ31は、図13に関して上述されたのと同様に、ろう付けプロセスの前に排気される。上述のように、浸透は、一実施形態において、約30 - 60分の間、約華氏2180 - 2225度で実行される。マトリックス材料16が溶融された後、アルゴンガス32（又は他の非反応性ガス）がチャンバ31の中に導入される。一実施形態では、アルゴンガス32は、Arの分圧が約0.050 - 0.100トルに到達するまでチャンバ31の中に供給される。マトリックス材料16の溶融の前のチャンバの排気は、充填材料15の残留ガス圧を減少させる又は排除し、それは、上述のように浸透を駆動するのを助け、そして、Arガス32の遅れた導入は、揮発物質によって発生した飛散を低減するのを助ける。図14 - 15に示されたシステムを使用する一例では、マトリックス材料16は、Arの気圧がマトリックス材料16の溶融後に導入される場合に、華氏2180度で浸透中に充填材料15の少なくとも19.05cm（7.5インチ）を浸透することがわかった。しかしながら、Arの気圧が溶融前に導入された場合には、マトリックス材料16は、システムがどのくらいの間浸透温度で保持されたかに関係なく、多くて16.51cm（6.5インチ）だけ浸透することがわかった。これは、充填材料15内の残留ガスが毛管作用を介して達成されることができる浸透の長さを制限することを示している。

20

30

【0037】

図16は、マトリックス材料16の溶融前に、Arガス32がチャンバ31の中に導入された、浸透のためのシステム600の別の実施形態を示す。図14に関して上述されたのと同様に、この実施形態におけるチャンバ31は、システムがマトリックス材料16のほぼ溶融温度に達するまで（例えば、温度がダクタイル鑄鉄に対して約華氏2150度に達するまで）加熱プロセスの間に上述のように排気される。そのポイントで、Arガス32又は他の非反応性ガスは、マトリックス材料16の溶融前にチャンバ31の中に導入される。上述と同様に、一実施形態では、アルゴンガス32は、0.050 - 0.100トルのArの分圧が達成されるまでチャンバ31の中に導入される。上述のように、浸透は、一実施形態において、約30 - 60分の間、約華氏2180 - 2225度で実行される。浸透を制限する充填材料中の残留ガス圧を回避するために、金型12は、充填材料15と接触する浸透性部分33が提供される。浸透性部分33は、マトリックス材料16の浸透を制限しないように、浸透中に残留ガスが充填材料15から出ることができるように、浸透性又は他のガス透過性にすることができる。浸透性部分33は、浸透の完了前に残留ガスの漏れを防止するために浸透性部分33を覆う又は密閉するマトリックス材料16を避けるために概ね反対側のマトリックス材料16を提供されることができる。上述のように、Arガスの存在は、溶融マトリックス材料16の飛散を抑制する。金型12が浸透性部分33を含む図16に示されたシステムを使用する一例では、マトリックス材料16は、Arの気圧がマトリックス材料16の溶融前に導入された場合には、華氏2225度で浸透中に充填材料15の少なくとも19.05cm（7.5インチ）を浸透することがわ

40

50

かった。しかしながら、金型 12 が密閉され、マトリックス材料 16 の溶融後に浸透前面がチャンバ 31 の雰囲気と連通しなかった場合には、浸透は、多くて 16 . 51 cm (6 . 5 インチ) だけ拡張することがわかった。これは、浸透前面をチャンバ 31 の雰囲気と連通させることを保持することが、充填材料 15 内の残留ガスが毛管作用駆動力を有する制限作用を減少させることができることを示している。

【 0038 】

図 4 - 5 は、耐摩耗性複合材料を形成するためのシステム又はアッセンブリ 100 及びそのシステム又はアッセンブリ 100 を利用する方法の一例の実施形態を示す。この実施形態では、図 4 に示されるように、金型 12 が金型 12 の内面 13 と基体 10 の外面 14 との間のキャビティ 11 内の容積を捕捉するように、基体 10 (例えば、掘削ツールのポイント) は、金型 12 のキャビティ 11 に配置される。基体 10 は、油又はグリース状物質を取り除くために洗浄及び乾燥すること及び / 又は酸化スケールを除去して表面をざらざらにしマトリックス材料が基体 10 に十分に結合するようにガーネット砂を使用してグリッドブラストすることなどにより、事前に準備されることができる。金型 12 は、高融点金属材料、セラミック材料、またはグラファイトなどの任意の適切な材料から作られることができる。可能な場合には、金型 12 は、P 点における溶接などによって基体 10 の外面 14 に溶接され、ろう付けされ、あるいは接続されることができる。一実施形態では、金型 12 は、キャビティ 11 を形成するために基体に溶接される鋼シェルであり、金型キャビティ 11 の汚濁を避けるために、溶接前にグリッドブラストされることができる。そのような実施形態は、以下により詳細に説明され、図 19 - 20 に示される。充填材料 15 は、図 4 に示されるような粒状材料の形態又はプリフォームなどで基体 10 の外面 14 と接触してあるいは連通して金型キャビティ 11 の中に挿入される。マトリックス材料 16 は、充填材料 15 及び基体の外面 14 と連通して配置される。マトリックス材料 16 は、図 4 に示されるように固体形態の充填材料 15 の上面にマトリックス材料 16 を単に配置することなどによって、金型キャビティ 11 内に配置されることができる。一実施形態では、マトリックス材料 16 は、ブロック又はビレットの形態にすることができる。別の実施形態では、マトリックス材料 16 は、フィーダー又は注射構造に配置されることができる。次に、システム 100 は、システム 100 を、不活性雰囲気 (例えば、アルゴン) を含む加熱用炉内に配置することなどによって、上述したように、浸透のために準備される。ステンレス鋼のトレイなどのトレイ又は同様の容器が、炉内のシステム 100 を支持するのに使用されることができる。浸透中、マトリックス材料 16 は、溶融して、全ての充填材料 15 を通って下方に浸透し、最終的に、基体 10 の外面 14 と接触する。

【 0039 】

浸透が処理されて、システム 100 が上述のように冷却された後、外面 14 上の複合コーティング 18 を有する部分 17 は、図 5 に示されるように形成される。部分 17 は、金型 12 から取り除かれ、それは、基体 10 に溶接されている及び / 又は複合材コーティング 18 に結合されている場合には金型 12 を切断する又は破断する必要がある。複合材コーティング 18 は、一緒に結合されると共にマトリックス材料 16 によって基体 10 に接続された充填材料 15 を含む。一実施形態では、充填材料 16 は、複合材料 18 の 5 - 95 % の体積分率を有する。他の実施形態では、充填材料 16 は、30 - 85 % の体積分率を有する。いくつかの実施形態では、部分 17 は、複合材コーティング 18 の外側の少なくとも一部分上に余分なマトリックス材料 19 を有する。余分なマトリックス材料 19 は、別の部分を溶接する又は取り付けのためのベースとして役立つなどのために、意図的に形成されて部分 17 上に残されることができる。余分なマトリックス材料 19 は、存在する場合には、代わりに機械加工することなどによって取り除かれることができる。複合材コーティング 18 は、所望の用途に応じて、広い範囲の厚さで形成されることができる。一実施形態では、部分 17 は、多種多様な用途に使用可能な、約 1 . 27 cm (0 . 5 インチ) の厚さである複合材コーティング 18 で形成されることができる。部分 17 は、繰り返される衝撃力及び応力に耐えるポイント、エッジ、又は装置の部品の他の部分にすることができ、そして、複合材コーティング 18 の優れた耐摩耗性及び靱性は、このような

アプリケーションのパフォーマンスを強化する。掘削／採掘装置は、本明細書中に記載されたシステム及び方法に従って製造された部分 17 のためのアプリケーションの一例を示す。図 12 は、上述したように耐摩耗性複合材層 18' で外面 14' 上が覆われた基体 10' を形成する作業部分を有する土木機械（例えば、スチールの採掘ポイント）のための摩耗部材の形態で本明細書中に記載されたシステム及び方法の一実施形態に従って製造された部分 17' の付加的な実施形態を示す。一実施形態では、複合材層 18' は、球状鑄造炭化タングステン粒子又はダクタイル鑄鉄マトリックス材料の他の耐摩耗材料からなる。

【0040】

図 17 - 18 は、耐摩耗性複合コーティング 18 を製造するための、図 4 - 5 に示されたシステム又はアセンブリ 100 あるいは同様のシステム／アセンブリと関連して使用される基体 10（例えば、掘削又は採掘ツールのポイント）の別の実施形態を示す。基体 10 の材料の特質及び性質に依存して、充填材料 15、及び／又はマトリックス材料 16、基体 10 及びコーティング 18 の熱膨張率（CTE）は、不適当な組み合わせになる場合がある。例えば、鋼基体 10 が使用される場合、鋼は、一般的にコーティング 18 よりも高い CTE を有する。このような CTE の違いの一例は、使用される材料に依存して、約 $2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ にすることができる。これは、順番に、特に（例えば、図 4 - 5 に示されるように）コーティング 18 が基体 10 の外面に形成される場合に、基体 10 とコーティング 18 との間の剥離を生じさせることができる。図 17 - 18 の実施形態では、基体 10 は、外面 14 上でリブの形態の突出部 28 が提供される。突出部 28 は、基板 10 及びコーティング 18 がろう付け後に冷却する際に及ぼされた圧力に応じて塑性変形することにより、基体 10 とコーティング 18 との間の CTE の差によって生じる問題を軽減するのを補助することができる。一実施形態では、突出部 28 は、塑性変形を容易にするために、比較的低い降伏強度及び良好な柔軟性をもつ材料で形成されることができる。突出部 28 の材料を選択する際の他の考慮事項は、（例えば、溶接又は他の技術による）基体 10 への接続のための適合性及びコーティング 18 への結合のための適合性である。鋼基体 10 に結合される突出部として使用するための適当な材料の一例は、AISI 1018 などの軟鋼である。適当な材料の他の例は、304 ステンレス鋼、AISI 1018、AISI 1010 などである。また、突出部 28 は、コーティング 18 の結合のための付加的な表面を提供し、従って、コーティング 18 と基体 10 との間の結合をさらに高める。図 18 に示されるように、コーティング 18 は、突出部 28 がコーティング 18 内に埋め込まれ完成された部品 17 のコーティング 18 に結合されるように、突出部 28 の周囲に形成する。しかしながら、他の実施形態では、突出部 28 は、少なくともコーティング 18 の外面に伸長し、コーティング 18 の外面と実質的に同一の高さになる。

【0041】

図 17 - 18 の実施形態の突出部 28 は、基体 10 の外面 14 から外方に延在し、長さ及びそれらの厚さよりも十分に大きい高さを有するリブ又はプレートの形態である。一例では、突出部 28 は、（基体 10 の表面に平行な）約 2.54 - 5.08 cm（1 - 2 インチ）の長さ、（コーティング 18 の厚さ方向に平行な）約 0.635 cm（0.25 インチ）の高さと、約 0.3175 cm（0.125 インチ）の厚さとを有する。付加的に、この実施形態の突出部 28 は、概ね軸方向に配向され、そして、基体 10 の外面 14 の全ての面に正しく平等にかつ対称的に分配される。一実施形態では、突出部 28 は、熱膨張の不適当な組み合わせに起因するいくつかの又は全ての歪みが突出部 28 の変形によって適合されるように選択された、長さ、高さ、及び幅を有する。付加的に、一実施形態では、各突出部の長さは、厚さよりも大きくすることができる高さよりも大きくすることができる（すなわち、長さ > 幅 > 厚さ）。この寸法関係を使用する突出部 28 は、突出部 28 によって追加された潜在的結合領域が突出部 28 によって覆われた基体 10 の潜在的結合領域よりも大きいように、コーティング 18 に対する潜在的結合領域を増加する。突出部 28 の寸法は、コーティングの厚さ及び基体の寸法に依存して変更されることができ

10

20

30

40

50

る。また、突出部 28 間の距離は、基体 10 の位置及び形状に依存することができ、そして、一実施形態において、2.54 cm (1 インチ) から 7.62 cm (3 インチ) まで変更することができる。他の実施形態では、突出部 28 は、ロッド、コーン、くいなどの様々な形態を有することができ、様々な方法で分配及び / 又は配向されることができる。図 17 に示されるような突出部 28 は、基体 10 の外面 14 に溶接される。基体 10 は、溶接後にグリットブラストされる。突出部 28 を基体 10 に接続するための他の技術は、他の実施形態に使用されることができる。突出部 28 は基体 10 と同じ材料で形成されることができ、そして、一実施形態では基体 10 と一体に形成されることができる。また、突出部 28 を有する基体 10 が、使用される材料及び構造に依存して、溶接後及び / 又はろう付け後に、熱処置又は変更バージョンの一般的な熱処置を必要とする。さらに、図 17 - 18 に示される完成された部分 17 は、土木装置用のポイントなどの摩耗部材であり、そして、基体 10 は、突出部 28 が作用部分に接続されるように、摩耗部材の作用部分によって形成される。他のタイプの突出部 28 がそのような摩耗部材に利用されることができ、また、図 17 - 18 に示されるような突出部 28 は他のタイプの製品に利用されることができ、ことを理解される。

【0042】

図 6 - 9 は、本発明の態様に従って耐摩耗性複合材を形成するための他のシステム及び方法を示す。図 6 - 7 は、外方又は半径方向の浸透によって基体 10 の内面 20 上に複合材料を形成するためのシステム 200 を示す。この実施形態では、基体 10 は、形態がチューブ状であり、そして、基体 10 は、基体 10 の内側に金型キャビティ 11 を形成するために金型 12 及びプレート 21 と共に使用される。プレート 21 は、金型鑄造のための上述の任意の材料 (例えば、グラファイト、金属又はセラミックなど) を含む、あらゆる適当な材料で形成されることができる。プレート 21、金型 12 及び / 又は基体 10 は、溶接可能な材料で作られる場合、これらの構成要素のいずれかは、溶接によって接続されることができることができるが、溶接は必要としない。多孔質充填材料 15 は、複合物を形成する位置に基体 10 の内面 20 上に配置され、そして、マトリックス材料 16 は、充填材料 15 と接触してあるいはそうでない場合は充填材料 15 と連通して配置される。セラミックビーズ 22 又は他の置換材料は、浸透中にマトリックス材料 16 を変位させる位置に、金型キャビティ 11 に配置される。マトリックス材料 16 の変位は、浸透中に充填材料 15 と接触するマトリックス材料 16 を支持するために行われ、マトリックス材料 16 の浸透は、セラミックビーズ 22 によって及ぼされた力よりはむしろ他の力 (例えば、毛細現象) によって主として駆動されることが理解される。代替的に、別の変位技術が使用されることができる。図 6 - 7 の実施形態では、マトリックス材料 16 は、充填材料 15 と接触して、筒状形態 (図 7 参照) の金型キャビティ 11 に配置され、充填材料 15 の中に外方に浸透する。マトリックス材料 16 は、代わりとして、別の実施形態において、充填材料 15 の周囲に円形に配置された複数のビレットとして配置されることができる。この構成では、セラミックビーズ 22 は、筒状のマトリックス材料 16 の内径の内側に配置され、ビーズ 22 は、浸透されたマトリックス材料 16 を変位させるために外方に移動する。代替的に、別の変位技術が使用されることができる。システム 200 は、炉の中に配置されることができ、浸透を完了するために上述のように処理される。結果として生じる部品は、基体の内面 21 上にセラミック材料を有し、上述したように、余分なマトリックス材料を含む。

【0043】

図 8 は、水平浸透と下方への垂直浸透の双方によって、基体 10 の外面 14 上に複合材料を形成するためのシステム 300 を示す。この実施形態では、基体 10 の一部分は、金型キャビティ 11 の内側に配置され、プレート 21 は、金型 12 と共に使用されて、金型キャビティ 11 を囲む。プレート 21 は、金型鑄造のための上述の任意の材料 (例えば、グラファイト、金属又はセラミックなど) を含む、あらゆる適当な材料で形成されることができる。プレート 21、金型 12 及び / 又は基体 10 は、溶接可能な材料で作られる場合、これらの構成要素のいずれかは、溶接によって接続されることができることができる

が、溶接は必要としない。付加的な部材 2 3 は、目的をシールするため及び / 又は浸透を終結するために使用されることができ、プレート 2 1 に隣接して配置されることができ。グラファイト箔又はセラミックウールは、マトリックス材料 1 5 がこれらの材料を湿らしていないあるいはこれらの材料にしみ込んでいないときに、これらの機能を成し遂げるために、付加的な部材 2 3 として使用されることができ。多孔質充填材料 1 5 は、複合物を形成する位置に基体 1 0 の外面 1 4 上に配置され、そして、マトリックス材料 1 6 は、充填材料 1 5 と接触してあるいはそうでない場合は充填材料 1 5 と連通して配置される。図 8 に示されるように、マトリックス材料 1 6 は、下方への浸透のために充填材料 1 5 の上に配置され、そして、水平方向の浸透のために充填材料 1 5 の横側に配置される。セラミックビーズ 2 2 又は他の置換材料は、浸透中にマトリックス材料 1 6 を変位させる位置に、金型キャビティ 1 1 に配置される。代替的に、別の変位技術が使用されることができ。図 8 の実施形態では、マトリックス材料 1 6 は、充填材料 1 5 の周りに金型キャビティ 1 1 内に配置されており、充填材料 1 5 を水平方向及び垂直方向に浸透する。この構成では、セラミックビーズ 2 2 は、マトリックス材料 1 6 の周りに水平方向に配置され、ビーズ 2 2 は、浸透されたマトリックス材料 1 6 を水平方向に変位させるために内方に移動する。可撓性セラミックファイバーマット又は織物などのバリア 2 4 は、ビーズ 2 2 とマトリックス材料 1 6 との間に配置される。バリア 2 4 は、概ね、溶融マトリックス材料 1 6 に不浸透性であり、また、可撓性であり、マトリックス材料 1 5 にセラミックビーズ 2 2 からの圧力を伝達する。垂直方向に浸透されたマトリックス材料 1 6 の変位は必要としない。システム 3 0 0 は、炉の中に配置されることができ、浸透を完了するために上述のように処理される。結果として生じる部品は、基体の外面 1 4 上にセラミック材料を有し、上述したように、余分なマトリックス材料を含む。

【 0 0 4 4 】

図 9 は、水平浸透と下方への垂直浸透の双方によって、基体 1 0 の外面 1 4 上に複合材料を形成するためのシステム 4 0 0 を示す。この実施形態では、基体 1 0 の一部分は、金型キャビティ 1 1 の内側に配置され、プレート 2 1 は、金型 2 1 と共に使用されて、金型キャビティ 1 1 を囲む。プレート 2 1 は、金型鑄造のための上述の任意の材料（例えば、グラファイト、金属又はセラミックなど）を含む、あらゆる適当な材料で形成されることができ。プレート 2 1、金型 1 2 及び / 又は基体 1 0 は、溶接可能な材料で作られる場合、これらの構成要素のいずれかは、溶接によって接続されることができ、溶接は必要としない。付加的な部材 2 3 は、目的をシールするため及び / 又は浸透を終結するために使用されることができ、プレート 2 1 に隣接して配置されることができ。グラファイト箔又はセラミックウールは、マトリックス材料 1 5 がこれらの材料を湿らしていないあるいはこれらの材料にしみ込んでいないときに、これらの機能を成し遂げるために、付加的な部材 2 3 として使用されることができ。多孔質充填材料 1 5 は、複合物を形成する位置に基体 1 0 の外面 1 4 上に配置され、そして、マトリックス材料 1 6 は、充填材料 1 5 と接触してあるいはそうでない場合は充填材料 1 5 と連通して配置される。図 9 に示されるように、マトリックス材料 1 6 は、下方への浸透のために充填材料 1 5 の上に配置され、そして、水平方向の浸透のために充填材料 1 5 の横側に配置される。セラミックビーズ 2 2 又は他の置換材料は、浸透中にマトリックス材料 1 6 を変位させる位置に、金型キャビティ 1 1 に配置される。代替的に、別の変位技術が使用されることができ。図 9 の実施形態では、マトリックス材料 1 6 は、充填材料 1 5 の周りに金型キャビティ 1 1 内に配置されており、充填材料 1 5 を水平方向及び垂直方向に浸透する。この構成では、セラミックビーズ 2 2 は、マトリックス材料 1 6 の周りに水平方向及び垂直方向に配置され、ビーズ 2 2 は、浸透されたマトリックス材料 1 6 を変位させるために内方及び下方に移動する。システム 4 0 0 は、炉の中に配置されることができ、浸透を完了するために上述のように処理される。結果として生じる部品は、基体の外面 1 4 上にセラミック材料を有し、上述したように、余分なマトリックス材料を含む。

【 0 0 4 5 】

図 19 - 20 は、下方への垂直浸透によって、基体 10 の外面 14 上に複合材料を形成するためのシステム 800 の別の例を示す。図 19 - 20 のシステム 800 は、図 4 - 5 及び図 12 に示された基体 10、10' と同様である掘削 / 採掘ポイントの形態の基体 312 と関連して使用されるように示されている、シート材料から作られたシェル 314 の形態の金型を利用する。他のそのようなシェルと共に図 19 - 20 に示されたシェル 314 は、2011 年 4 月 6 日に提出された米国仮出願第 61 / 472470 号及び 2012 年 4 月 5 日に提出された米国特許出願第 13 / 440273 号により詳細に開示され、2012 年 10 月 11 日付で米国特許出願公開第 2012 / 0258273 号として公開されており、それらの出願は、参照によりそれらの全体が本明細書中に組み込まれ、本発明の一部をなしている。シェル 314 は、上述され図 4 - 5 に示されたものと同様に、複合コーティング 18 を形成するために利用される。一実施形態では、充填材料 15 は、シェル 314 の開口 317 を通して注がれ、そして、その後、マトリックス材料 16 は、図 4 に示されたものと同様に、充填材料 15 の上に配置される。開口 317 は、充填材料 15 及び / 又はマトリックス材料 16 の挿入を助けるために漏斗のような形状を有する。他の実施形態では、開口 317 は、シェル 314 がろう付け中に異なる配向に配置されているなどの場合には、シェル 314 の他の場所に配置されることができる。

【0046】

シェル 314 のシート状金属は、特定の所望の形状に形成される又は製造されることができると共に、溶解、溶融、又は、浸透材料による過度の弱化あるいは一般的には浸透処理中における浸透ろう付けに必要な温度による過度の弱化、に耐えることができる任意の材料で作られることができる。一例では、シェル 314 は、低炭素“軟”鋼で形成されることができる。例えば、シェル 314 は、0.2667 cm (0.105 インチ) の平均シェル厚さを有する。一実施形態では、シェル 314 は、広範囲なアプリケーションに有益である、16 Ga (0.1524 cm (0.060 インチ) の厚さ) 乃至 10 Ga (0.3429 cm (0.135 インチ) の厚さ) の範囲の板金で作られることができる。対照的に、図 20 の基体 312 は、シェルによって覆われた領域において、2.54 cm 乃至 8.763 cm (1.000 インチ乃至 3.450 インチ) の範囲の厚さを有する。他の実施形態では、シェル 314 は、あらゆる他の適当な厚さを有することができる。例えば、さらなる実施形態では、シェル 314 は、約 0.635 cm (0.25 インチ) の厚さを有する鋼又は他の金属プレートで作られることができ、あるいは、鋳造され、棒材から機械加工された又は異なる方法で形成されることができる。シェル 314 の異なる部分は異なる厚さを有することができることを理解される。

【0047】

基体 312 と比較した場合、シェル 314 の相対的な薄さは、シェル 314 が容易に、比較的安価に、形成されることができることを意味する。シェルのシンプルな形状のために、比較的低コストのシェル 314 は、シート状金属の片を切断してこれらの片と一緒に溶接又はろう付けすることにより製造される。もう少し複雑な形状は、特定の構成のシート金属片を曲げ、その後、シート金属片と一緒に曲げることにより、製造されることができる。複雑な形状は、深絞り加工、ゲラン処理による成形 (ゴムパッド成形)、液圧成形、及び / 又は爆発成形などのシート金属成形プロセスによって、製造されることができる。精密な (“ロストワックス”) 鋳造は、ロストワックスのコストが多くの場合に不経済であるけれども同様に使用されることができる。特に複雑な形状の場合、シェルの片は、一つ以上のこれらのプロセスによって形成され、その後、溶接又はろう付けによって接合されることができる。

【0048】

図 19 - 20 に示されるように、シェル 314 は、二つの部分共有バンド 320 を有する二つの部分で形成される。シェル 314 の二つの部分シェル本体 316 は、前フランジ 330 を有する前半部分 326 及び後フランジ 332 を有する後半部分 328 から最初に形成される。前フランジ 330 は、前半部分 326 の後縁部から横方向に延在し、後フランジ 332 は、後半部分 328 の前縁部から横方向に延在する。前フランジ 330 は、浸

透向け材料よりも高い溶融温度を有するろう付け材料で溶接又はろう付けすることにより、後フランジ 332 に接合される。シェル 314 は、後述されるように、シェル 314 が少なくとも共有バンド 320 で溶接又はろう付けすることにより基体 312 に接続されるように、シェル 314 の前周囲の周りの基体 312 の表面の一部分と表面对表面の接触で配置されるように構成された共有バンド 320 を有する。他の実施形態では、シェル 314 は、(フランジ 330、332 は存在しない) 単一片又は多数の片で形成されることができる。二部品シェル 314 は、特定の構成において、対応する一部品シェルよりもより容易に形成されることができる。また、二部品シェル 314 は、対応する一部品シェルとの接合と比較した場合、特定の構成において、対応する基体により容易に接合されることができる。

10

【0049】

シェル 314 は、図 20 では、ポイントの形態の対応する基体 312 の一部分に接合されて示される。基体 312 の外側幾何学的形状は、共有バンド 320 に溶接又はろう付けするための結合面 335 を画定する主要本体 334 を含む。基体 312 は、台 336 又は周囲の表面などの、硬質材料の結合のための少なくともいくつかの凹部又は他のリリースを提供する。基体 312 の遠位端は、角張った縁部 344 及び / 又は丸みを帯びた面 346 を画定するように形状づけられる。他の実施形態では、基体 312 は、硬質材料のためのあらゆる凹部又は他のリリースを提供しない。図 20 に見られるように、シェル 314 は、共有バンド 320 から離れる方向に滑らかに延在し、基体 312 とシェル 314 との間にキャピティ 350 を画定する。キャピティ 350 は、基体 312 に結合された、結果として生じるコーティングの厚さ(図示せず)を画定し、そして、シェル 314 の内側幾何学的形状は、完成された部品の最終の外側幾何学的形状を画定する。

20

【0050】

図 19 - 20 に示された軽いシート状金属のシェル 314 は、基体に対する精密な整合のために容易に移動されることができ、その後、基体の大部分の配向に関係なく、基体に溶接される。薄い金属シェルは、クランプ又は固定具を必要とせずに、溶接又は高温ろう付けにより、横たわる基体に確実に取り付けることが容易であり、形成された接合は、浸透ろう付けに必要な高温でさえ流体密である。あらゆるタイプの金型を伴う浸透表面硬化では、溶融金属ろう材は、金型の内部に残るべきである。本開示の薄い金属のシェルで、基体に対する確実な取り付けが、余計なクランプや固定具を必要とせずに達成される。従って、結果として生じるアッセンブリは、浸透ろう付けのために炉の中により容易に配置され、重いアイテムの浸透表面硬化の実質的に容易さを可能とする。

30

【0051】

上述されて図面に示されたシステム 100、200、300、400、500、600、700、800 の様々な特徴及びそれらの変形は、本発明の範囲内において組み合わせられると共に置換されることができることを理解される。同様に、上述の方法のあらゆる技術又はそれらの変形は、上述の任意のシステム 100、200、300、400、500、600、700、800 と関連して利用されることができる。

【0052】

図 10 - 11 は、図 4 のシステム 100 と同様なシステムを使用して及び上述の方法を使用して形成された複合材料 18 の顕微鏡写真を示す。図 10 - 11 は、ダクタイル鑄鉄のマトリックス材料 16 によって囲まれた球状鑄造 WC の充填材料 15 を示す。マトリックス材料 16 は、ダクタイル鑄鉄の特徴を示す黒鉛塊 25 を含む。図 10 - 11 に見られるように、ほとんどの WC 粒子 15 の球形状が示され、溶融マトリックス材料 16 での充填材料 15 の最小の反応又は溶解を示している。図 11 は、複合材料 18 と過多のマトリックス材料 19 との間の境界面 26 を示す。

40

【0053】

本明細書中に記載されたシステム及び方法に従って製造された複合コーティングは、優れた耐摩耗性と靱性を示す。一例では、試料は、ダクタイル鑄鉄マトリックスと共に球状

50

鑄造WC、粉碎鑄造WC及びセメント化されたWCを使用し、図4のシステム100と同様なシステムを使用して及び上述の方法を使用して準備された。華氏2050度での真空浸透による、鑄造と、ニッケル系合金及び銅で補強されたセメント化されたWCとの試料が、比較のために準備された。また、D2鋼は、比較のために使用された。乾燥砂ゴム車輪(DSRW)摩耗試験(ASTのG65)は、ASTM G65の手順Aに基づき、これらの試料上で実施した。試験条件は以下の通りであった。

【0054】

合計回転数：6000

試料上のロード：30ポンド

砂流量：300 - 400 g / 分

二つの連続したDSRWテストは、同じ摩耗痕領域で行われ、第2のテスト中の質量損失は、材料のアブレイブ摩耗損失の代表とされた。以下の表1から分かるように、粉碎鑄造タングステンカーバイド/ダクタイル鑄鉄に続く球状鑄造タングステンカーバイド/ダクタイル鑄鉄は、他の材料に比べて優れた耐摩耗性を示した。試料は、コーティングとして準備され、基体は、テストのために基体に近い表面を露出させるために、機械加工及び研削加工によって取り除かれた。

【0055】

【表1】

表1 様々な材料でのドライ砂ラバーホイール(DSRW)試験データ

シリアル 番号	カーバイド材	質量損失, g	計算密度, g/cc	減容 mm ³	ロックウェル 硬さ, HRC
1	球状 キャスト WC/DI	0.03	12.18	2.46	50
2	粉碎状 キャスト WC/DI	0.06	12.18	4.93	45
3	超硬合金 /DI	0.19	10.95	17.35	57
4	球状 キャスト WC/Ni-7Cr-3Fe- 4.5Si-3.1B	0.19	12.58	15.10	55
5	超硬合金 /Ni-7Cr- 3Fe-4.5Si-3.1B	0.10	11.37	8.79	51
6	粉碎状 キャスト WC/Ni-7Cr-3Fe- 4.5Si-3.1B	0.14	12.58	11.13	50
7	粉碎状 キャスト WC/Cu	0.08	13.02	6.14	5
8	超硬合金 /Cu	0.37	11.83	31.28	9
9	D2 工具鋼	0.25	7.8	32.05	60

【0056】

上記表1の結果から明らかなように、球状鑄造WC及び粉碎鑄造WCと組み合わせたダクタイル鑄鉄の使用は、他の組み合わせと比較して、低質量及び体積損失となった。さらに、WCとダクタイル鑄鉄の組み合わせは、他の組み合わせに匹敵した硬さを有していた。さらに、ダクタイル鑄鉄は、試験した他のマトリックス合金、特にNi及びCuの合金よりもかなり安価である。従って、この試験は、本発明の実施形態によるシステム及び方法を使用してダクタイル鑄鉄マトリックス及びWC充填材料から作られた複合材料の有利

な使用を示す。

【 0 0 5 7 】

本明細書中に記載されたシステム、方法及び製品の様々な実施形態は、既存の技術を超えた有益及び利点を提供する。例えば、結果として生じる複合製品は、優れた耐摩耗性及び靱性を示し、経済的に製造されることができる。別の例として、システム及び方法は、製造された、鑄造された及び粉末冶金の金属基体、並びに、材料の溶融点が浸透プロセスに適している限り、セラミックスやセラミックス系複合材などの非金属基体を含む、多種多様の基体に耐摩耗性材料を適用するために使用されることができる。別の例として、ろう付け技術の使用は、単一の工程で達成される材料の形成および基体への結合を可能にする。付加的に、ろう付け技術は、一般的に、鑄造及び他の技術と比較して浸透に対する長い時間を利用し、より長い浸透の長さ（最大 20 . 32 - 25 . 4 c m（8 - 10 インチ）又はいくつかの実施形態ではそれ以上）を可能とする。従って、より厚いコーティングは、また、鑄造、及び、プラズマ移行性アーク溶接オーバーレイ、溶射などの他の表面硬化プロセスを含む、既存の技術と比較して製造されることができる。別の例として、システム及び方法は、他のプロセス（例えば、鑄造）よりも低い過熱を利用し、それは、高い耐摩耗性及び靱性を示す、充填材料及びマトリックス材料と音の微細構造との間のより少ない反応を結果として生じる。さらに、低い反応は、充填材料に使用される、より小さな粒子サイズ、又は、多数の粒子サイズを可能とし、それによって、硬質な充填材料の密度が達成されることができる。上述のように、マトリックス材料のより大きな耐力及び複合材料のより大きな全体的な耐摩耗性も達成されることができる。別の例として、システム及び方法の不活性雰囲気の使用は、コンポーネントの酸化を最小限にする又は防止し、マトリックス材料からの揮発性要素の蒸発を制御することができ、飛散を低減させることができる。さらなる他の利益および利点は、当業者によって認識される。

【 0 0 5 8 】

いくつかの代替実施形態及び実施例は、本明細書に記載され図示される。当業者は、個別の実施形態の特徴及び構成要素の可能な組み合わせ及びバリエーションを理解するであろう。さらに、当業者は、あらゆる実施形態は、本明細書に開示された他の実施形態との任意の組み合わせで提供され得ることを理解するであろう。本発明は、その精神または中心の特徴から逸脱することなく他の特定の形態で実施され得ることが理解される。従って、本実施例及び実施形態は、すべての点において例示であり、限定的ではないと考えられるべきであり、そして、本発明は、本明細書に与えられた詳細に限定されるものではない。本明細書で使用される“上部”、“底部”などの相対語は、説明のみを目的としたものであり、いかなる方法でも実施形態を制限するものではない。この明細書において、特許請求の範囲に具体的に記載されない限り、本発明の範囲内に含まれるために、構造の特定の三次元配向を必要とするように解釈されるべきではない。また、読者は、添付の図面が必ずしも一定の縮尺で描かれていないことを忠告される。付加的に、本明細書で使用される用語“複数”は、必要に応じて、無限の数まで、選言的又は接続的のいずれかで、1よりも大きい任意の数を示す。さらに、本明細書中に使用された物品又は装置を“提供する”は、物品で実行される将来の機能に対して利用できる又はアクセスできる物品を作ること、あるいは、物品を提供する関係者が物品を製造された、生成された又は供給されたこと、あるいは、物品を提供する関係者が物品を所有する又は制御すること、を含まない。従って、特定の実施形態が図示されると共に説明されたが、多数の変形が、本発明の精神からはっきりと逸脱することなく思い浮かび、保護範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

〔 態 様 1 〕

方法であって、

基体の表面が金型のキャビティと連通するように、金型を基体の表面に近接して配置することと、

表面に近接して、キャビティ内に多孔質耐摩耗性材料を配置することと、

キャビティと連通して、可鍛鑄鉄を備える金属のマトリックス材料を配置することと、

マトリックス材料の融点以上の温度まで金型及びマトリックス材料を加熱し、そして、溶融形態の多孔質耐摩耗性材料に浸透して基体の表面に接触するために、マトリックス材料に対して十分な時間の間融点以上に前記温度を保持することと、
金型及びマトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を固化すると共に基体の表面上のマトリックス材料内に埋め込まれた多孔質耐摩耗性材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

〔態様 2〕

態様 1 記載の方法において、

マトリックス材料の可鍛鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % の亜リン酸を含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、方法。

10

〔態様 3〕

態様 1 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、方法。

〔態様 4〕

態様 3 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、 WC 、 TiC 、 SiC 、 Cr_3C_2 、 VC 、 ZrC 、 NbC 、 TaC 、 $(W, Ti)C$ 、 B_4C 、 Mo_2C 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、方法。

20

〔態様 5〕

態様 3 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、 TiN 、 BN 、 Si_3N_4 、 ZrN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 HfN 、 CrN 、 MoN 、 WN 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、方法。

〔態様 6〕

態様 3 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タンゲステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、方法。

30

〔態様 7〕

態様 3 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、方法。

〔態様 8〕

態様 1 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、提唱する湿潤互換性のあるコーティングを有する、方法。

40

〔態様 9〕

態様 1 記載の方法において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の複数の表面上に形成されている、方法。

〔態様 10〕

態様 1 記載の方法において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の表面の一部のみに形成されている、方法。

〔態様 11〕

態様 1 記載の方法において、

多孔質耐摩耗性材料は、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態である、方法。

50

〔 態 様 １ ２ 〕

態 様 １ １ 記 載 の 方 法 に お い て 、
粒 子 状 材 料 は 、 焼 結 に よ っ て 互 い に 結 合 さ れ る 、 方 法 。

〔 態 様 １ ３ 〕

態 様 １ １ 記 載 の 方 法 に お い て 、
粒 子 状 材 料 は 、 ポ リ マ ー 材 料 に よ っ て 互 い に 結 合 さ れ 、 温 度 は 、 加 熱 中 に 粒 子 状 材 料 か ら
ポ リ マ ー 材 料 を 除 去 す る た め に 十 分 で あ る 、 方 法 。

〔 態 様 １ ４ 〕

態 様 １ 記 載 の 方 法 に お い て 、
金 型 は 、 キ ャ ビ テ ィ を 画 定 す る た め に 基 体 に 接 続 さ れ た 金 属 薄 板 の シ ェ ル を 備 え 、
シ ェ ル は 、 シ ェ ル の 外 面 へ の 開 口 を 有 し 、
多 孔 質 耐 摩 耗 性 材 料 は 、 前 記 開 口 を 通 じ た 挿 入 に よ っ て キ ャ ビ テ ィ 内 に 配 置 さ れ る 、 方 法

10

〔 態 様 １ ５ 〕

態 様 １ 記 載 の 方 法 に お い て 、
多 孔 質 耐 摩 耗 性 材 料 は 、 パ ラ パ ラ の 微 粒 子 物 質 の 形 態 で あ る 、 方 法 。

〔 態 様 １ ６ 〕

態 様 １ 記 載 の 方 法 に お い て 、
加 熱 は 、 炉 チ ャ ン バ 内 で 実 行 さ れ 、
前 記 方 法 は 、 さ ら に 、
マ ト リ ッ ク ス 材 料 の 溶 融 点 に 達 す る 温 度 の 前 に 排 出 さ れ る こ と を 備 え る 、 方 法 。

20

〔 態 様 １ ７ 〕

態 様 １ ６ 記 載 の 方 法 に お い て 、
前 記 方 法 は 、 さ ら に 、
マ ト リ ッ ク ス 材 料 が 溶 融 さ れ た 後 に 、 不 活 性 ガ ス を チ ャ ン バ に 導 入 す る こ と を 備 え る 、 方
法 。

〔 態 様 １ ８ 〕

態 様 １ ６ 記 載 の 方 法 に お い て 、
金 型 は 、 多 孔 質 耐 摩 耗 性 材 料 と 接 触 し て い る 透 過 性 部 分 を 有 し 、
前 記 方 法 は 、 さ ら に 、
マ ト リ ッ ク ス 材 料 が 溶 融 さ れ る 前 に チ ャ ン バ の 中 に 不 活 性 ガ ス を 導 入 す る こ と を 備 え る 、
方 法 。

30

〔 態 様 １ ９ 〕

シ ス テ ム で あ っ て 、
表 面 を 有 す る 基 体 と 、
基 体 の 表 面 が 金 型 の キ ャ ビ テ ィ と 連 通 す る よ う に 、 基 体 の 表 面 に 近 接 し て 配 置 さ れ た 金 型
と 、

表 面 に 近 接 し た 、 キ ャ ビ テ ィ 内 の 多 孔 質 耐 摩 耗 性 材 料 と 、
キ ャ ビ テ ィ と 連 通 し た 、 可 鍛 鑄 鉄 を 備 え る 金 属 の マ ト リ ッ ク ス 材 料 と 、 を 備 え 、
シ ス テ ム は 、

40

マ ト リ ッ ク ス 材 料 の 融 点 以 上 の 温 度 ま で 金 型 及 び マ ト リ ッ ク ス 材 料 を 加 熱 し 、 そ し て 、 溶
融 形 態 の 多 孔 質 耐 摩 耗 性 材 料 に 浸 透 し て 基 体 の 表 面 に 接 触 す る た め に 、 マ ト リ ッ ク ス 材 料
に 対 し て 十 分 な 時 間 の 間 融 点 以 上 に 上 記 温 度 を 保 持 す る よ う に 構 成 さ れ る と 共 に 、 金 型 及
び マ ト リ ッ ク ス 材 料 を 冷 却 し て 、 マ ト リ ッ ク ス 材 料 を 固 化 す る と 共 に 基 体 の 表 面 上 に 耐 摩
耗 性 複 合 材 の コ ー テ ィ ン グ を 形 成 す る よ う に 構 成 さ れ る 、 シ ス テ ム 。

〔 態 様 ２ ０ 〕

態 様 １ ９ 記 載 の シ ス テ ム に お い て 、
マ ト リ ッ ク ス 材 料 の 可 鍛 鑄 鉄 は 、 重 量 パ ー セ ン ト で 、 約 ３ ． ０ - ４ ． ０ % の カ ー ボ ン 、 約
１ ． ８ - ２ ． ８ % の ケ イ 素 、 約 ０ ． １ - １ ． ０ % の マ ン ガ ン 、 約 ０ ． ０ １ - ０ ． ０ ３ % の
硫 黄 、 及 び 、 約 ０ ． ０ １ - ０ ． １ % の 亜 リ ン 酸 を 含 み 、 残 り が 鉄 及 び 付 帯 的 な 成 分 及 び 不

50

純物からなる合成物を有する、システム。

〔態様 2 1〕

態様 1 9 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、システム。

〔態様 2 2〕

態様 2 1 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、 WC 、 TiC 、 SiC 、 Cr_3C_2 、 VC 、 ZrC 、 NbC 、 TaC 、 $(W, Ti)C$ 、 B_4C 、 Mo_2C 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、システム。

10

〔態様 2 3〕

態様 2 1 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、 TiN 、 BN 、 Si_3N_4 、 ZrN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 HfN 、 CrN 、 MoN 、 WN 、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、システム。

〔態様 2 4〕

態様 2 1 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タングステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、システム。

20

〔態様 2 5〕

態様 2 1 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、システム。

〔態様 2 6〕

態様 1 9 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、多孔質プレフォームを形成するために互いに結合された粒子状材料で形成された多孔質プレフォームの形態である、システム。

30

〔態様 2 7〕

態様 1 9 記載のシステムにおいて、

多孔質耐摩耗性材料は、パラバラの微粒子物質の形態である、システム。

〔態様 2 8〕

製造物品であって、

表面に結合された耐摩耗性複合材のコーティングをもつ表面を有する金属基体を備え、耐摩耗性複合材のコーティングは、

多孔質耐摩耗性材料と、

多孔質耐摩耗性材料と一緒に混合される金属マトリックス材料と、を備え、

金属マトリックス材料は、さらに、耐摩耗性複合材のコーティングを基体に結合するために基体の表面に結合され、

40

金属マトリックス材料は、可鍛鋳鉄を備える、製造物品。

〔態様 2 9〕

態様 2 8 記載の製造物品において、

金属マトリックス材料の可鍛鋳鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % の亜リン酸を含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、製造物品。

〔態様 3 0〕

態様 2 9 記載の製造物品において、

50

金属マトリックス材料の合成物は、最大 37 重量%のニッケルを更に備える、製造物品。

〔態様 31〕

態様 29 記載の製造物品において、

金属マトリックス材料の合成物は、最大 5.5 重量%のクロムを更に備える、製造物品。

〔態様 32〕

態様 29 記載の製造物品において、

金属マトリックス材料の合成物は、最大 5.5 重量%のケイ素を更に備える、製造物品。

〔態様 33〕

態様 28 記載の製造物品において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、少なくとも 19.05 cm (7.5 インチ) の厚さを有する、製造物品。

10

〔態様 34〕

態様 28 記載の製造物品において、

耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の厚さよりも大きい厚さを有する、製造物品。

〔態様 35〕

態様 28 記載の製造物品において、

製造物品は、土木機械のポイントである、製造物品。

〔態様 36〕

態様 28 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、粒子状材料であり、金属マトリックス材料と一緒に多孔質耐摩耗性材料を結合する、製造物品。

20

〔態様 37〕

態様 28 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、製造物品。

〔態様 38〕

態様 37 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、WC、TiC、SiC、Cr₃C₂、VC、ZrC、NbC、TaC、(W、Ti)C、B₄C、Mo₂C、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のカーバイドからなる、製造物品。

30

〔態様 39〕

態様 37 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、TiN、BN、Si₃N₄、ZrN、VN、Ta₂N₃、NbN、HfN、CrN、MoN、WN、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の窒化物からなる、製造物品。

〔態様 40〕

態様 37 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、ホウ化チタン、ホウ化クロム、ホウ化タンゲステン、ホウ化ニッケル、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化バナジウム、ホウ化モリブデン、ホウ化ケイ素、ホウ化アルミニウム、遷移金属の他のホウ化物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上のホウ化物からなる、製造物品。

40

〔態様 41〕

態様 37 記載の製造物品において、

多孔質耐摩耗性材料は、遷移金属の一つ以上のシリサイドからなる、製造物品。

〔態様 42〕

態様 28 記載の製造物品において、

基体は、前記表面に接続されると共に前記表面から外方に延在する複数の突出部を有し、複数の突出部は、耐摩耗性複合材のコーティングに埋め込められている、製造物品。

50

〔 態 様 4 3 〕

態様 4 2 記載の製造物品において、
複数の突出部は、基体の外面に対称的に分配された複数のリブからなる、製造物品。

〔 態 様 4 4 〕

土木機械の摩耗部材であって、
作用部分と、
作用部分に重なる複合材コーティングと、を備え、
複合材コーティングは、
多孔質耐摩耗性材料と、
多孔質耐摩耗性材料と一緒に混合される可鍛鋳鉄のマトリックス材料と、を有し、
可鍛鋳鉄のマトリックス材料は、複合材コーティングを作用部分に結合する、摩耗部材。

10

〔 態 様 4 5 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
可鍛鋳鉄は、重量パーセントで、約 3 . 0 - 4 . 0 % のカーボン、約 1 . 8 - 2 . 8 % のケイ素、約 0 . 1 - 1 . 0 % のマンガン、約 0 . 0 1 - 0 . 0 3 % の硫黄、及び、約 0 . 0 1 - 0 . 1 % の亜リン酸を含み、残りが鉄及び付帯的な成分及び不純物からなる合成物を有する、摩耗部材。

〔 態 様 4 6 〕

態様 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 3 7 重量 % のニッケルを更に備える、摩耗部材。

20

〔 態 様 4 7 〕

態様 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 5 . 5 重量 % のクロムを更に備える、摩耗部材。

〔 態 様 4 8 〕

態様 4 5 記載の摩耗部材において、
金属マトリックス材料の合成物は、最大 5 . 5 重量 % のケイ素を更に備える、摩耗部材。

〔 態 様 4 9 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
多孔質耐摩耗性材料は、粒子状材料であり、マトリックス材料と一緒に多孔質耐摩耗性材料を結合する、摩耗部材。

30

〔 態 様 5 0 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
多孔質耐摩耗性材料は、カーバイド、窒化物、ホウ化物、シリサイド、遷移金属の金属間化合物の合成物、及びそれらの組み合わせ、からなる群から選択された一つ以上の材料からなる、摩耗部材。

〔 態 様 5 1 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
基体は、前記表面に接続されると共に前記表面から外方に延在する複数の突出部を有し、
複数の突出部は、耐摩耗性複合材のコーティングに埋め込められている、摩耗部材。

〔 態 様 5 2 〕

態様 5 1 記載の摩耗部材において、
複数の突出部は、作用部分に対称的に分配された複数のリブからなる、摩耗部材。

40

〔 態 様 5 3 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、基体の厚さよりも大きい厚さを有する、摩耗部材。

〔 態 様 5 4 〕

態様 4 4 記載の摩耗部材において、
耐摩耗性複合材のコーティングは、少なくとも 1 9 . 0 5 c m (7 . 5 イ ン チ) の厚さを有する、摩耗部材。

〔 態 様 5 5 〕

50

方法であって、
キャビティを画定するために、基板の表面に近接して金型を配置することと、
キャビティ内に多孔質耐摩耗性材料を配置することと、
キャビティと連通して、金属のマトリックス材料を配置することと、
マトリックス材料の融点以上の温度に炉チャンバ内で加熱することにより、溶融したマトリックス材料を形成するためにマトリックス材料を溶融することと、
その溶融は真空で行われる、マトリックス材料を溶融することと、
溶融したマトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するまで溶融点以上に前記温度を保持することと、
マトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を固化すると共に基体の表面上のマトリックス材料内に埋め込まれた多孔質耐摩耗性材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

10

〔態様 5 6〕
態様 5 5 記載の方法において、
少なくとも溶融したマトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するまで前記真空は維持される、方法。

〔態様 5 7〕
態様 5 5 記載の方法において、
マトリックス材料が溶融された後に、不活性ガスをチャンバに導入することを更に備える、方法。

20

〔態様 5 8〕
態様 5 5 記載の方法において、
不活性ガスは約 0 . 0 5 0 - 0 . 1 0 0 トルの分圧である、方法。

〔態様 5 9〕
方法であって、
キャビティを画定するために、基板の表面に近接して、透過性部分を有する金型を配置することと、
透過性部分が多孔質耐摩耗性材料と接触するように、多孔質耐摩耗性材料をキャビティ内に配置することと、
キャビティと連通して金属マトリックス材料を配置することと、
不活性ガスの存在下でマトリックス材料の融点以上の温度に炉チャンバ内で加熱することにより、溶融したマトリックス材料を形成するためにマトリックス材料を溶融することと、
溶融したマトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するまで溶融点以上に前記温度を保持することと、
多孔質耐摩耗性材料内の残留ガスが透過性部分を通して逃げることを、前記温度を保持することと、
マトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を固化すると共に基体の表面上のマトリックス材料内に埋め込まれた多孔質耐摩耗性材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

30

〔態様 6 0〕
態様 5 9 記載の方法において、
不活性ガスは約 0 . 0 5 0 - 0 . 1 0 0 トルの分圧である、方法。

40

〔態様 6 1〕
態様 5 9 記載の方法において、
チャンバ内に不活性ガスを導入する前にチャンバを排気することを更に備える、方法。

〔態様 6 2〕
方法であって、
キャビティを画定するために、基板の表面に近接して、透過性部分を有する金型を配置することと、
多孔質耐摩耗性材料をキャビティ内に配置することと、

50

キャビティと連通して金属マトリックス材料を配置することであって、金属マトリックス材料は多孔質耐摩耗性材料に対して側方に配置される、金属マトリックス材料を配置することと、

多孔質耐摩耗性材料と反対側に、金属マトリックス材料に隣接して変位媒体を配置することと、

マトリックス材料の融点以上の温度に加熱することにより、溶融したマトリックス材料を形成するためにマトリックス材料を溶融することと、

溶融したマトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するまで溶融点以上に前記温度を保持することであって、変位媒体は、溶融マトリックス材料を支持し、溶融マトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するように溶融マトリックス材料を変位させる、溶融点以上に前記温度を保持することと、

マトリックス材料を冷却して、マトリックス材料を固化すると共に基体の表面上のマトリックス材料内に埋め込まれた多孔質耐摩耗性材料を含む耐摩耗性複合材のコーティングを形成することと、を備える、方法。

〔態様 6 3〕

態様 6 2 記載の方法において、

変位媒体の材料は、セラミックビーズからなる、方法。

〔態様 6 4〕

態様 6 2 記載の方法において、

変位媒体とマトリックス材料との間にバリアを配置することを更に備える、方法。

〔態様 6 5〕

態様 6 2 記載の方法において、

基体が管状構造を含み、表面は管状構造の内面であり、

溶融マトリックス材料は、横方向外側に浸透して、管状構造の内面上に耐摩耗性複合材のコーティングを形成し、

変位媒体は、管状構造の中心に配置され、溶融マトリックス材料が多孔質耐摩耗性材料に浸透するように外方に変位する、方法。

10

20

【図 1】

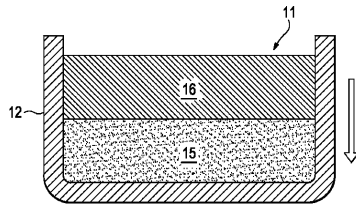


FIG. 1

【図 2】

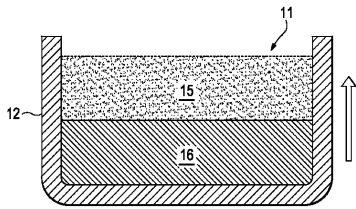


FIG. 2

【図 3】

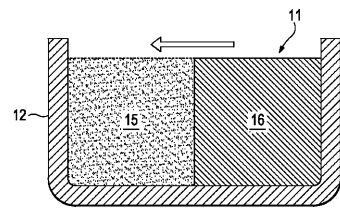


FIG. 3

【図 6】

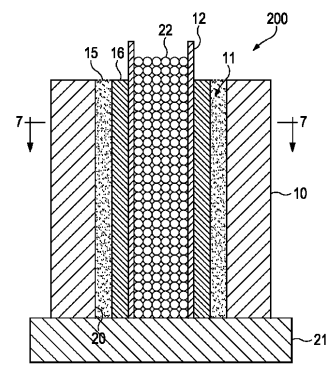


FIG. 6

【図 4】

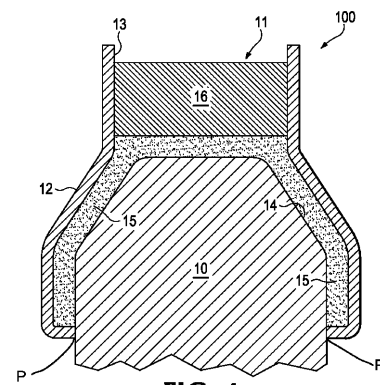


FIG. 4

【図 5】

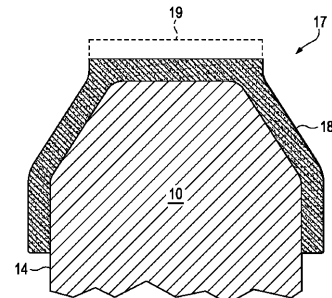


FIG. 5

【図 7】

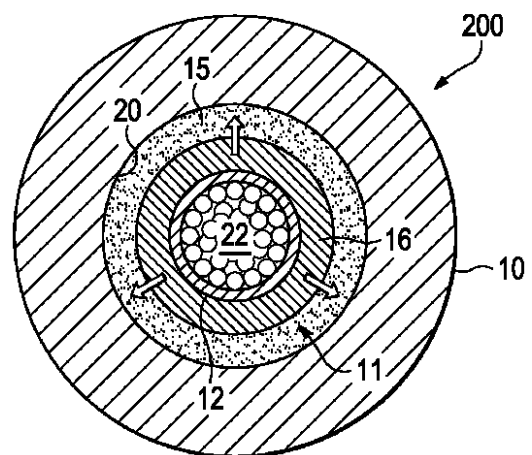


FIG. 7

【図 8】

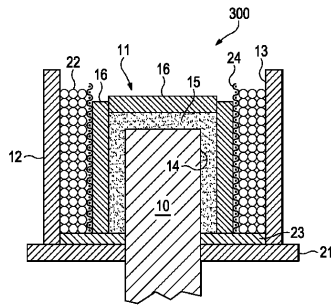


FIG. 8

【図 10】

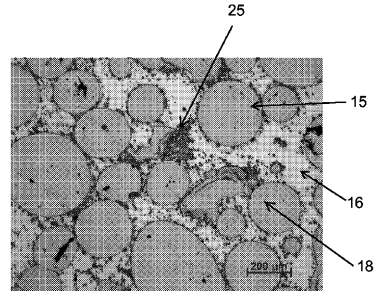


FIG. 10

【図 9】

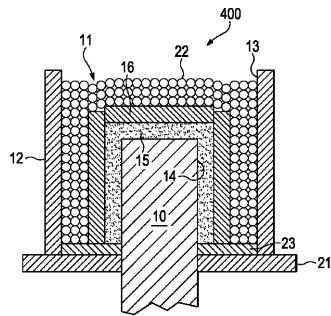


FIG. 9

【図 11】

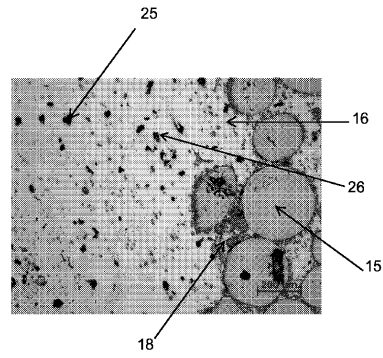


FIG. 11

【図 12】

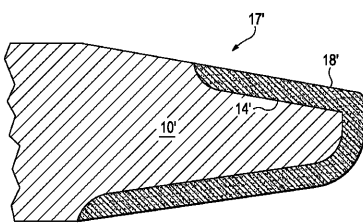


FIG. 12

【図 14】

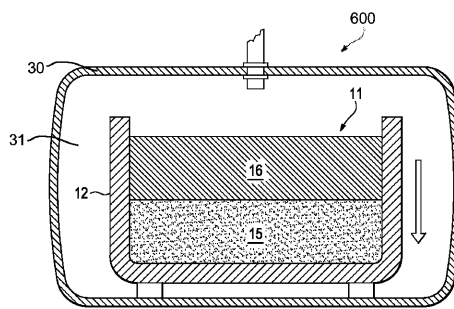


FIG. 14

【図 13】

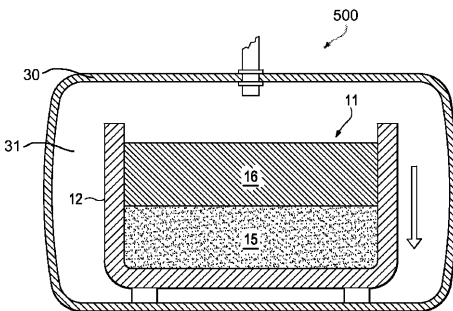


FIG. 13

【図 15】

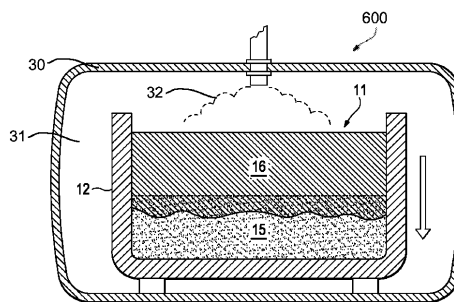


FIG. 15

【図 16】

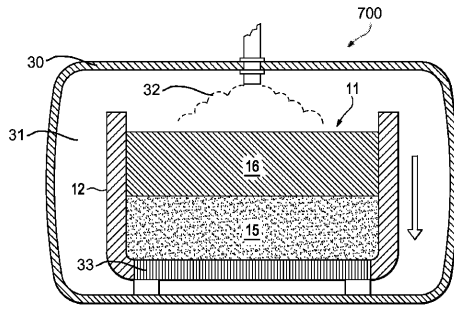


FIG. 16

【図 18】

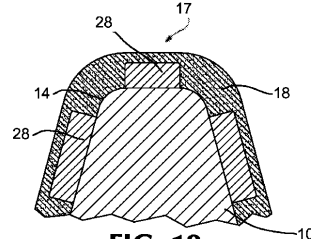


FIG. 18

【図 17】

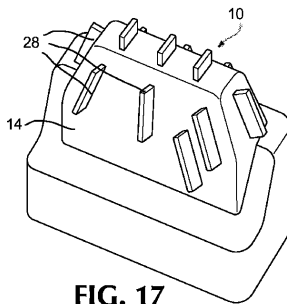


FIG. 17

【図 19】

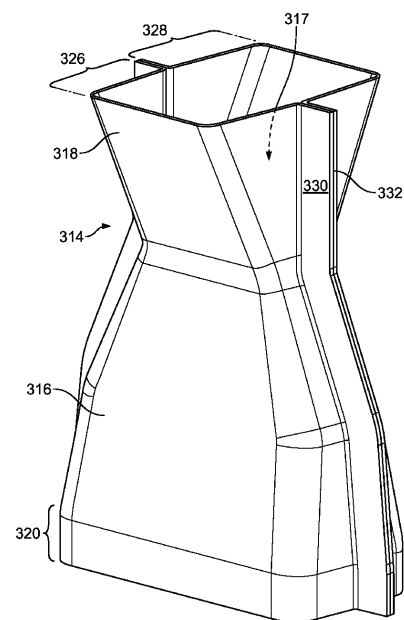


FIG. 19

【図 20】

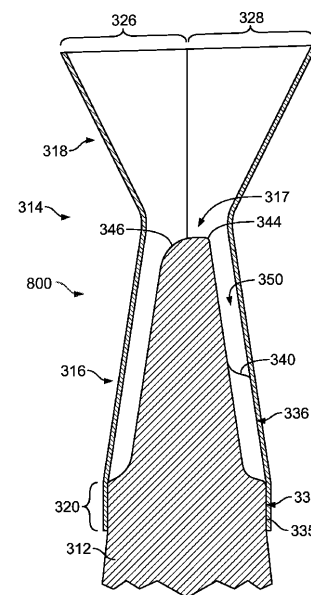


FIG. 20

フロントページの続き

(74)代理人 100119426

弁理士 小見山 泰明

(74)代理人 100075270

弁理士 小林 泰

(74)代理人 100101373

弁理士 竹内 茂雄

(74)代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72)発明者 ボダパティ, スリニバサラオ

アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 2 1, ボセル, サウスイースト, サーティーナインス・アベニ
ュー 2 1 1 0 2

審査官 荒木 英則

(56)参考文献 米国特許第 0 6 0 7 3 5 1 8 (U S , A)

米国特許第 0 5 3 7 3 9 0 7 (U S , A)

特開 2 0 0 5 - 2 7 3 4 3 9 (J P , A)

特開 2 0 0 8 - 2 4 6 5 5 0 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 9 1 0 8 5 (U S , A 1)

特表 2 0 1 2 - 5 0 0 9 1 4 (J P , A)

米国特許第 0 2 8 3 3 6 3 8 (U S , A)

特開平 0 6 - 0 3 9 5 2 3 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 2 7 4 3 2 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 7 8 6 0 4 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 2 D 1 9 / 0 0 - 1 9 / 0 8

C 2 2 C 1 / 0 0 - 1 / 1 0