

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6412128号
(P6412128)

(45) 発行日 平成30年10月24日(2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日(2018.10.5)

(51) Int.Cl.

B22D 23/06 (2006.01)

F 1

B22D 23/06

請求項の数 19 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-530593 (P2016-530593)
 (86) (22) 出願日 平成26年8月1日 (2014.8.1)
 (65) 公表番号 特表2016-527085 (P2016-527085A)
 (43) 公表日 平成28年9月8日 (2016.9.8)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2014/000303
 (87) 國際公開番号 WO2015/015144
 (87) 國際公開日 平成27年2月5日 (2015.2.5)
 審査請求日 平成29年3月27日 (2017.3.27)
 (31) 優先権主張番号 1313849.0
 (32) 優先日 平成25年8月2日 (2013.8.2)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)
 (31) 優先権主張番号 1320168.6
 (32) 優先日 平成25年11月15日 (2013.11.15)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

(73) 特許権者 516029621
 キャスティング テクノロジー インターナショナル リミテッド
 Castings Technology International Limited
 英国 エス10 2テーエヌ サウスヨークシャー州 シェフィールド ウエスタン・バンク ファース・コート
 (74) 代理人 100145883
 弁理士 新池 義明
 (72) 発明者 ミカエル コルネリウス アシュトン
 英国 エス17 4キュービー サウスヨークシャー州 トウェンティイエール・レン 195エー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】金属成分の形成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粉末供給材料から金属成分を形成する方法であつて：

前記粉末供給材料の融点より高い融点を有するセラミック材料から1成分の鋳型を生成する；

金属粉末の前記供給材料を前記鋳型の中に展開する；

誘導加熱システムを有する真空チャンバ内に前記鋳型を置き、前記誘導加熱システムが電磁エネルギー源と顆粒状サセプタ材料を含む；そして

前記鋳型内で前記金属粉末が融解するよう該金属粉末の融点より高い温度に前記誘導加熱システムを使用して前記鋳型を加熱する；

ステップを含み、

前記顆粒状サセプタ材料が前記電磁エネルギー源によって生じた誘導電磁界のエネルギーを吸収し、セラミックの前記鋳型へ向けて赤外線エネルギーを放射する方法。

【請求項 2】

前記鋳型がその成分の模型について構築される請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記鋳型を構築する前記ステップが前記模型の外側に複数の層を加えることからなる請求項2記載の方法。

【請求項 4】

前記誘導加熱システムを使用して前記鋳型を加熱する前記ステップがマイクロ波エネルギー

10

20

ギーを生成するステップを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記顆粒状サセプタ材料が炭化珪素の粒子からなる請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

前記複数の層が前記粉末供給材料に対して不活性である耐火性スラリーのプライマリ層を含む請求項 3 記載の方法。

【請求項 7】

前記複数の層が、湿ったスラリー層に続いて実質的に乾燥したスタッコ層が交互に適用されてなり、前記交互に適用されるスラリー層と前記スタッコ層が実質的に同様なセラミック材料を含む請求項 3 記載の方法。 10

【請求項 8】

前記鋳型が冷却し前記鋳型内に含まれる金属が収縮するとき、前記鋳型に液状金属を追加して供給するステップを更に含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

冷却中に前記鋳型内に液状金属を強制供給する助けとなるように供給部に上部まで前記液状金属を追加して供給するステップを更に含む請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

前記供給部に大気中子を設け、前記液状金属内で捕捉されたガスを前記大気中子を介して逃がすステップを更に含む請求項 9 記載の方法。 20

【請求項 11】

粉末供給材料から金属成分を形成する装置であつて：

当該鋳型の中に入る前記粉末供給材料の融点より高い融点を有するセラミック材料からなる1成分の鋳型と；

電磁エネルギー源と顆粒状サセプタ材料を含む誘導加熱システムを有する誘導加熱システムに装備され、前記鋳型を受容する真空チャンバ；
を含み、

前記顆粒状サセプタ材料が前記電磁エネルギー源によって生じた誘導電磁界のエネルギーを吸収し、前記鋳型へ向けて赤外線エネルギーを放射するように構成される装置。

【請求項 12】

その成分の模型を更に含み、前記鋳型が前記模型について構成される請求項 11 記載の装置。 30

【請求項 13】

前記顆粒状サセプタ材料が炭化珪素の粒子からなる請求項 11 記載の装置。

【請求項 14】

前記電磁エネルギー源がマイクロ波放射源を含む請求項 11 記載の装置。

【請求項 15】

前記鋳型が高い熱伝導率を有するアルミナ材料からなる請求項 11 記載の装置。

【請求項 16】

前記鋳型が、生産される金属成分に対応する成分部と、前記鋳型が冷却し、該鋳型中に含まれる金属が収縮するときに、前記成分部に液状金属を追加供給する供給部を画定する請求項 11 に記載の装置。 40

【請求項 17】

前記供給部が前記成分部から垂直に上向きに延び、前記成分部の最上部と前記供給部の上部間の高さの違いが前記成分部の高さの 2 倍を超える請求項 16 記載の装置。

【請求項 18】

前記供給部が、前記成分部に隣接する第 1 の端と、該第 1 の端から延び、前記供給部の上部まで供給材料を挿入することを可能にする先端部を有する請求項 16 記載の装置。

【請求項 19】

前記供給部が、ガスを前記液状金属内で捕捉し前記供給部に逃がすために、ガスに多孔性である大気中子を含む請求項 16 記載の装置。 50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****【関連出願の相互参照】**

本出願は、2013年8月2日提出の英国特許出願第1313849.0号、2013年11月15日提出の英国特許出願第1320168.6号及び2013年11月15日提出の英国特許出願第1320171.0号に基づく優先権を主張するものであり、これらはすべて、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】**【発明の背景】****1. 発明の分野**

本発明は、粉末供給材料から金属成分を形成する方法に関する。

本発明は、更に、粉末供給材料から金属成分を形成する装置に関する。

【背景技術】**【0003】****2. 関連技術の説明**

粉末冶金は粉末供給材料から金属成分を形成する方法として公知である。既知の熱間等方圧加圧(HIP)プロセスでは、圧力と温度の両方が作用するスチール鑄型で粉末が成形される。典型的には、アルゴンガスが使用され、50メガパスカルから300メガパスカルの範囲の等方圧が供給され。このプロセスの間に、材料の温度が上昇すると、粉末が焼結し、その粒子は互いに融合する。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、公知の粉末冶金は、製造される製品の大きさの点に関して、及び、その形状の複雑さの点においても制限される。更に、経費がかかり時間を消費するプロセスである。拡大が困難であり、もっと伝統的な铸造プロセスによって製造された製品と競合するときには、要求される大きさと複雑さを有する製品を製造することはほとんど不可能である。

【課題を解決するための手段】**【0005】****【発明の簡単な要約】**

本発明の第1の観点によれば、粉末供給材料から金属成分を形成する方法であって：前記粉末供給材料の融点より高い融点を有するセラミック材料から1成分の鑄型を生成する；金属粉末の前記供給材料を前記鑄型の中に展開する；誘導加熱システムを有する真空チャンバ内に前記鑄型を置き、前記誘導加熱システムが電磁エネルギー源と顆粒状サセプタ材料を含む；そして、前記鑄型内で前記金属粉末が融解するよう該金属粉末の融点より高い温度に前記誘導加熱システムを使用して前記鑄型を加熱する；ステップを含み、前記顆粒状サセプタ材料が前記電磁エネルギー源によって生じた誘導電磁界のエネルギーを吸収し、セラミックの前記鑄型へ向けて赤外線エネルギーを放射する方法が提供される。一実施態様では、鑄型が冷却し、鑄型内に含まれる金属が収縮するときに、鑄型に液状金属を追加して供給する供給管が含まれる。

【0006】

本発明の第2の観点によれば、粉末供給材料から金属成分を形成する装置であって：当該鑄型の中に入る前記粉末供給材料の融点より高い融点を有するセラミック材料からなる1成分の鑄型と；電磁エネルギー源と顆粒状サセプタ材料を含む誘導加熱システムを有する誘導加熱システムに装備され、前記鑄型を受容する真空チャンバ；を含み、前記顆粒状サセプタ材料が前記電磁エネルギー源によって生じた誘導電磁界のエネルギーを吸収し、前記鑄型へ向けて赤外線エネルギーを放射するように構成される装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0007】

- 【図1】図1は、金属成分を形成する方法を示し；
 【図2】図2は、模型の生成手順を示し；
 【図3】図3は、鋳型を生産するための層の追加を示し；
 【図4】図4は、供給材料の展開を示し；
 【図5】図5は、金属成分を形成する装置を示し；
 【図6】図6は、供給部の断面を示し；
 【図7】図7は、金属粉末が充填された後の図5の鋳型を示し；
 【図8】図8は、液状金属を有する図7の鋳型を示し；
 【図9】図9は、鋳型の部分断面を示し；
 【図10】図10は、更に冷却した後の図9を示し；
 【図11】図11は、代替構成の鋳型を示し；
 【図12】図12は、加熱システムを示し；
 【図13】図13は、鋳型の代替実施形態を示し；そして；
 【図14】図14は、顆粒状サセプタ材料に浸漬された鋳型を示す。

【発明を実施するための形態】

【0008】

[実施形態の詳細な説明]

(図1)

図1は、粉末供給材料から金属成分を形成する方法を示す。供給材料は、最初、粉末状態（図4に詳細）であり、そして、固体成分は、熱を与えることによって形成される（図12に詳細）。ステップ101で、1成分の模型102が生成される。ステップ103で、その成分が形成される材料の融点より高い融点を有する材料から、鋳型104が模型102の周囲に構築される（詳細は図3に示す）。

ステップ105で、模型102を除去すると、鋳型内に空隙106が残る。

【0009】

ステップ107で、金属粉末108の供給材料を鋳型中に展開する。ステップ109で、金属粉末の融点より高い温度になるように鋳型に熱110を与えると、金属粉末が鋳型内で融解する。これによって、鋳型104内に金属溶湯111が形成される。

金属成分を形成するために、ここで使用する金属粉末108は、第1の実施の形態では、純粋な金属の粒子からなる粉末である。しかしながら、代替の実施形態では、金属粉末108が合金の粒子を含む。したがって、前記金属粉末から形成された金属成分は、純粋な金属又は合金の化合物のいずれかからなると理解されるべきである。

【0010】

金属粉末は、HIPピング、粉末冶金、金属射出成形などの公知の粉末冶金技術では特定のサイズ範囲に等級付けされる必要があるのに対し、本明細書に記載の方法は、粉末粒子のサイズ範囲に比較的影響を受けない。唯一要求されることは、金属粉末がセラミック鋳型に容易に流れ込むことである。鋳型がたった0.5ミリメートルの直径を有する区分を規定する場合には、例えば、ガス噴霧化によって生成された球状粉末がより適切であろう。さらに大きな鋳型区分では、破碎及び粉碎によって生成された角のある粉末でさえ、図4を参照して説明するように、粉末の流れが振動によって補助されるときは特に、鋳型に充填することが可能になる。

【0011】

(図2)

図2は、模型を生成する手順を示す。模型102を生成するために、原料材料201に対して操作を行なう。第1の実施の形態では、模型の形状を画定するために、適切な材料に加工操作202を行うことができる。しかしながら、使用する材料は、鋳型を画定するために、犠牲材料を除去することができるようなタイプのものでなければならないことが理解されるべきである。

【0012】

10

20

30

40

50

代替として、ワックス注入プロセス 203 を行うことができる。ワックス模型の周りに鋳型を生成した後、熱を与えることによってワックスを除去することができる。このような方法は、金属溶湯の適用に先立って鋳型の加熱も望ましいとされていることが従来の鋳造システムにおいて知られている。しかしながら、一実施形態では、鋳型が冷却放置され、そして、粒子が室温で添加される。

別の方では、例えば、適切な高速プロトタイピング材料を用いて、添加生産 204 のプロセスによって模型 102 を生産することも可能である。材料は熱の適用及び／又は適当な溶媒を適用することによって除去することができる。

【0013】

(図 3)

10

本実施形態では、鋳型は、その成分が形成される金属の融点より高い融点を有し、空気に対して比較的多孔性なセラミック殻である。一実施形態では、図 3 に示すように、セラミックの鋳型は、複数の層を追加することによって生産される。

図 3 に示す実施形態では、層は、湿ったスラリー層と実質的に乾燥したスタッコ層が交互になるように加えられる。

スラリー 301 は模型 102 に加えられる。次いで、乾燥スタッコ 302 を適用し、湿ったスラリーに接触させると層ができる。

【0014】

一般的に、303 に示すように、このプロセスを繰り返すと、層 304 が構築される。20 このように、鋳型 104 が要求される厚さになるまで更に繰り返される。セラミックの鋳型 104 は、その中に放射加熱システムから放射熱が伝導することを可能にし、金属粉末を融解させるために、理想的には比較的薄い壁区分を有するべきである。

しかしながら、壁区分は、処理中に亀裂又は破壊を防止するのに十分な厚さでなければならないので、高い熱伝導率を有するが、十分に強度のある鋳型を生成することが妥協点でなければならない。

一実施形態では、使用される金属に対して不活性である耐火性スラリーのプライマリ層が適用される。次いで、同様な又は異なる材料の乾燥砂が適用され、更にスラリーが適用され、砂、スタッコなどが続く。

【0015】

セラミック殻を形成するのに適したセラミック材料としては、シリカやアルミナなど多数知られている。シリカ殻は、放射加熱システムを使用して適切な時間枠内で粉末金属を融解させるだけのチャージを可能にするために十分に高い熱伝導率を有していないことがテスト中に発見された。したがって、好ましい実施形態では、熱伝導性の高いアルミナ材料からなる鋳型が使用される。他のタイプの高い熱伝導率を有する殻材料が使用されてもよい、しかしながら、特定の金属を使用したとき、グラファイトベースの鋳型によって経験したように、それらは、金属溶湯内で融解の影響を受けることがあってはならない。

【0016】

(図 4)

30

図 4 は、ステップ 107 の供給材料の展開の詳細を示す。ステップ 105 で示したように、模型 102 は除去されている。鋳型 104 は、それ自体が安定した基盤 402 によって支持されている振動台 401 上に配置されている。このように、供給材料 108 は鋳型 104 の中に展開する、又は、矢印 403 及び 404 で示すように、展開後鋳型内に供給材料が分散し易くするために、一定程度合いの振動を与える。約 0.10 ~ 0.15 ミリメートルの低振幅変位を伴う、例えば 40 ~ 60 ヘルツの高周波振動によって、大きくて複雑な金属成分を容易に鋳型に充填することができる。

【0017】

したがって、供給材料が鋳型内に配置され、その後、ステップ 109 で示したように、加熱される。一実施形態では、圧力なしに熱を与え、そして、供給材料が融解する温度に鋳型が加熱される。この方法では、既知のシステムと比較して全体的により複雑なプロセスを使用して 100 % に近い密度を得ることができる。金属の温度を上昇させるだけでな

40

50

く、金属を完全に融解するために熱が必要である。これにより、純粋な金属の場合、典型的には金属の融点より約50度高く、又は、合金の場合には液相線温度より高い温度に加熱される。

いくつかの公知システムでは、汚染は、しばしば、容器から導入され、チタンを使用した場合、これは特に問題である。固体状態拡散を使用するプロセスでは、容器がその中に充填された材料と同様の環境になる。したがって、加工から離れた後であっても、材料混合物の有効な層が残存することがあり得る。したがって、必要な結果を達成するためには追加の処理が必要である。

【0018】

原料として金属粉末を使用することが所望の特性を有する生成物を生成するであろうことがわかる。微細構造が非常に均一であることが、強度や疲労特性を向上させる傾向がある。この種の特性は、鍛造操作により提供されるが、公知のように、鍛造によって廃棄物が有意な程度產生するので、これは全体的なコストを増加させる。同様に、鋳造工程の収率は典型的には50%である；再び、コストを増加させる。これは、高価な合金を使用するとき重要な要因となる。

【0019】

(図5)

図5ないし12は、粉末の供給材料から金属成分を形成するための装置を示す。前述のように、模型が生成され、鑄型は、その材料が形成される金属の融点より高い融点を有する材料によって模型の周囲に構築される。したがって、これにより、鑄型、好ましくはセラミックの鑄型501が生成される。

模型は鑄型501から除去される。装置は、更に、鑄型501内に金属粉末の供給材料を展開するための展開デバイス、及び供給材料が鑄型内で融解するように、金属粉末の融点よりも高い温度に金属粉末を加熱するための加熱システムを有する。

【0020】

図5は、鑄型501の一例を示す断面図である。鑄型501は、生成される成分と対応する成分部502及び供給部503を備える。該供給部503は、概ね円筒形の通路504を画定し、該通路504は、図6にて詳細に示す内方向延長成分を含むことができる。供給部は、第1の端部で該成分部に隣接し、先端部に向かって上向きに垂直に延びている。該先端部は開放されているので上部まで供給材料を注入することができる。

【0021】

供給部が設けられているのは、金属が融解した液体状態から冷却するとき、それが固体である点まで温度が下がるのでその体積が減少するためである。したがって、供給部は、さもなければ冷却するにつれて鑄物の内部に1つ又は複数の熱中心に生じる収縮巣を埋め合わせるために、鑄型に追加の液状金属を提供するために使用される。供給部の容積は、したがって、冷却するときの金属の体積の減少を埋め合わせるのに十分な液状金属の要求量によって決定される。2つの要素が供給効率に影響を与える；まず、供給部内の溶湯静圧、そして第2番目に、周囲の大気によって供給部の液状金属の表面に作用する圧力である。鑄型セクション内の金属が冷却し、その体積が減少すると、供給部内の溶湯静圧ヘッドが鑄型セクションに金属溶湯を押し込む助けとなる。

【0022】

成分部の金属が完全に固化するまで、金属溶湯のヘッドは少なくとも融解した状態に維持されるべきである。冷却中に供給部の内部から供給部の外側への熱エネルギーが伝導するのを防ぎ、そして、このことによって、金属が供給部に融解状態のままでいるように、供給部の壁は、成分部の壁よりも相対的に低い熱伝導率であるべきである。供給部は、したがって、成分部と異なるセラミック材料からなり、絶縁性又は発熱性セラミック粉末を含むことができる。代替的に、金属成分よりも後に固化することを確実にするために、そして、いかなる気圧の影響も供給を補助するように、供給中に金属溶湯の表面が融解のままであることを確実にするために、供給部が絶縁材料で覆われていてもよい。

溶湯静圧を最大にするために、供給部ヘッドは、実質的かつ経済的に実行可能な高さに

10

20

30

40

50

まで上げるべきである。

【0023】

成分部で金属溶湯の脱ガスを更に改善し、金属溶湯に作用する圧力を増加させるために、1つ又はそれ以上の大气圧中子を成分部に向かって供給部の中を通って下方に延設して設けることができる。これらの大気圧中子は、ガスについて多孔性であり、供給部分の熱中心において、その透過性が大气圧を液状金属に作用させ、液状金属内に閉じ込められたガスを逃がすことができる、鉛筆状のセラミックチューブとすることができる。内方向延長成分の形状である特別な大気圧中子は、更に図6を参照して説明する。

【0024】

一実施形態では、セラミック鋳型は最初室温である。したがって、公知の、比較的一定の温度であり；鋳型が加熱されている状況と比較して、そして、材料が添加されるとき、鋳型の実際の温度は、比較的広い可能な温度の範囲内に入ることができる。しかしながら、温度が初期温度と融解温度の観点で知られている実施形態では、必要な供給粉末の体積を正確に計算することができる。結果として、全プロセス中において30～35%体積の収縮を補うように材料の最適量が供給部に保持される。

図6は、水平面503で貫いた鋳型の断面図を示す。

【0025】

(図6)

供給部503は、概ね円筒形の通路504を画定する。通路504は、大気圧中子を含む。ここで、大気圧中子は、ガスについて多孔性であり、供給部によって画定された通路504の概ね円筒形の内側表面506から円筒形の通路の中心方向に延びる内方向延長成分505を具備する。一実施形態では、内方向延長成分505は、実質的に楔形であり、互いに鋭角に配置された面を有し、通路504の中央付近に鋭いエッジ507を形成し、供給部を形成する材料と同じ多孔性材料で形成されている。

【0026】

一実施形態では、鋳型内で金属粉末が融解するように、真空炉のチャンバ内に鋳型が配置される。このプロセスの間に溶融材料内に閉じ込められたガスが放出するように、内方向延長成分は、金属成分の冷却中にチャンバ内の大气が供給部内の金属溶湯にアクセスするための手段を提供する。したがって、内方向延長成分は、その透過性が供給部ヘッドの熱中心において液状金属に圧力を作用させ、溶融材料内に閉じ込められたガスを逃がすことができる大気圧中子として機能する。

【0027】

(図7)

図7は、プロセス107の間に金属粉末108を充填した後の鋳型501を示す。金属粉末を上部まで供給部503の開放端702中に注ぎ、そして、金属粉末108を圧縮するために(図4を参照して説明したように)振動を与えた。一実施形態では、供給部には、該供給部の上部まで金属粉末を充填する。次いで、鋳型を振動すると、供給部内の金属粉末の上面703は、振動前の粉末のレベルと比較して、低くなる。

【0028】

一実施形態では、金属粉末は、実質的に球状の粒子から形成される。したがって、振動により圧縮した後でさえ、粉末108によって取り込まれた容量の約25～30%は粒子間の空隙を構成する。代替実施形態では、粒子の他の形状が、単独で、又は球状部分と組み合わせて、展開され得る。この種の粒子を含めると、粉末内の空隙によって占有される容積を減少させることができる。

【0029】

(図8)

図8は、金属粉末108が融解して液状金属801を形成した後の鋳型501を示す。液状金属の上部表面802は、粉末の表面703と比較すると、供給部内で低下している。しかしながら、本実施形態では、供給部内の金属溶湯801の高さは、生産される金属物体に対応する鋳型の部分の高さより2倍以上大きい。矢印803は、生産される成分に

10

20

30

40

50

対応する鋳型の成分部の高さを示し、矢印 804 は、供給部 503 内の金属溶湯 801 の高さを示す。このように、本実施形態では、矢印 804 が示す高さは、矢印 803 が示す高さの 2 倍以上である。

供給部内の金属溶湯の重量によって金属溶湯内に圧力が生じる。比較的高い金属溶湯の供給部を導入することによって、鋳型表面の微細な細部に金属溶湯を押し込めるのに十分な圧力を鋳型内の金属溶湯に生成し得る。

【0030】

(図 9)

図 9 は、鋳型 501 の部分断面図を示す。鋳型が冷却するとき、熱が鋳型の壁を通って金属溶湯から伝導する。このため、金属溶湯の外側が最初に固化し、続いて内側方向に固化プロセスが進行する傾向がある。
10

図 9 の例では、壁から離れた金属の部分がまだ液体であるのに対し、鋳型の壁に隣接する領域 901 は、結晶化するプロセスにある。固化中、金属の容量が、典型的には、約 7 パーセント縮小する。その結果、金属溶湯内に空隙 902 が形成される。

【0031】

(図 10)

空隙が金属溶湯で囲まれるとき、金属は重力下空隙に落ちる傾向にある。その結果、空隙が鋳型を昇るように見える。

一実施形態では、鋳型が完全に充満されることを保証するために、空隙が鋳型内を昇り、供給部内の金属が鋳型内に落ちるように供給部が配置される。
20

図 10 に示す例では、空隙 902 が合体して、供給部にまで上昇する単一の空隙 1001 を形成する。

【0032】

一般に、空隙 1001 のような空隙は真空を含む空間の体積を画定する。しかしながら、この空隙は、鋳型内で金属溶湯に閉じ込められたガスをいくらか含むことができる。一実施形態において、内方向延長成分 505 は、供給部内の金属溶湯内に閉じ込められたガスが抜け出ることを可能にする手段を備える。内方向延長成分 505 がこれを実施することができる原因是、(金属自体と比較して) 比較的良好な熱の絶縁体であり、供給部内の金属の溶融芯内に延びているからである。更に、該成分はガスが浸透しやすい。

【0033】

(図 11)

図 5 ないし 10 を参照して説明した鋳型では、鋳型に粉末を受容する手段を備えるとともに、鋳型内に上昇した溶湯静圧を生成する溶湯静ヘッドを備えた単一の供給部を有する。代替の実施形態において、溶湯静ヘッド圧力を与える供給部とは別の、1 つ又は複数の追加の供給部が設けられる。

図 11 は、1 例として、生産する金属物に対応する下部セクション 1102 を有する鋳型 1101 を示す。さらに、鋳型は、第 1 供給部 103、第 2 供給部 1104 及び第 3 供給部 1105 を有する。

【0034】

第 2 供給部 1104 は、図 5 に示した供給部 503 と実質的に同様であり、セクション 1102 の 2 倍以上の高さがあり、金属粉末 1107 を受容するために、上端部に開口部 1106 を備える。
40

第 1 供給部 1103 と第 3 供給部 1105 は、供給部 1104 と同様であるが、高さが第 2 供給部 1104 の高さよりも実質的に低いことが異なる。更に、その上端は、端部が蓋をされ、完全に密封されている。

【0035】

第 1 供給部 1103 と第 3 供給部 1105 は、供給セクション 1102 用に粉末金属を含む。これらは、冷却プロセスの間に金属溶湯で形成された空隙を受容するために、通路も画定する。しかしながら、溶湯静圧は、第 2 供給部 1104 によって付与される。初めに、開放供給部が鋳型上で形成され、その後、所定の位置に固定されたキャップで密封さ
50

れる。代替的に、供給部は、密封された上端を有する鋳型の製造中に形成することができる。

【0036】

(図12)

図12は、粉末の供給材料から金属成分を形成する装置の一実施形態を示す。本実施形態において、誘導加熱システムは、温度を制御するために電力供給を制御する制御回路とともに、電力供給源から高周波エネルギーを発生するためにコイル1207のような電磁エネルギー源を含む。更に、本実施形態では、装置は顆粒状のサセプタ材料を有し、該サセプタ材料は鋳型501の壁に含まれている。

【0037】

加熱される鋳型の形状に合うようにサセプタを形成することができるので、顆粒状サセプタはサセプタ材料の好ましい形状である。一実施形態では、耐火チューブが、加熱する鋳型の形状に対応する形状にセラミック材料で形成される。該チューブは、次に、隣接する鋳型に熱を放射する顆粒状サセプタ材料で充填される。これは、適切な形状に加工することが困難な固体サセプタ・インゴットを使用するとき、別 の方法ではできないという、非常に汎用性の高いサセプタ要素を備えている。図14を参照して説明する具体的な実施形態では、顆粒状サセプタ材料は緩いベッドを形成する。該ベッドの中に鋳型が完全に浸漬するので、サセプタと鋳型が密接に接触し、熱エネルギーが効率的に移動することを確保できる。

【0038】

本発明の実施形態は、更に、チャンバの圧力を大気圧より低い圧力に下げるよう構成された減圧装置を含む。図12は、この装置の一例を示す。圧力の低下は、周囲の環境から汚染されるのを低減するために望ましい。しかしながら、非常に低い圧力が可能であるにもかかわらず、溶融材料の蒸発を防ぐために、チャンバ内には蒸気の圧力が必要である。

装置は、概略1201に示し、真空炉1202を有する。真空炉は、耐火ライニング1204を備える真空気密容器1203を有し、真空チャンバ1205を画定する。

【0039】

容器1203は、チャンバ1205へアクセスできるように、扉1206を備えるので、鋳型501などの鋳型をチャンバに充填したり、チャンバから取り出したりすることができる。

一実施形態では、真空炉1202は、適切な電源1208に接続された無線周波数コイル1207を有する。典型的には、無線周波数コイルがモリブデンで形成されるが、真空炉の全仕様はプロセスで使用する特定の金属や合金の種類によって異なる。更に、仕様は、形成する金属物体の要求にも依存する。

一実施形態では、真空炉、その放射線源及び電源は、チャンバの温度が2000を超える温度に上昇できるように選択する。この機能を備える炉は、一般的に、熱処理操作を提供する目的のために商業的に使用できる。

【0040】

チャンバ1205は、チャンバから空気を排氣する真空システム1209に接続されているので、チャンバ内の圧力を実質的大気圧以下の水準に減少することができる。

チャンバ1205は、希ガス供給源に接続された入口ポート1211を有する。一実施形態では、圧縮ヘリウムのタンク1212が圧縮アルゴンのタンク1213と組み合わせて備えられる。

装置1201は、チャンバ1205の出口ポート1210に接続された入り口と、入口ポート1211に接続された出口を有するファン1214も含む。一実施形態では、ヘリウムガスが所定の圧力までチャンバ1205に供給され、そして、該ガスはファン1214によって循環され、チャンバに入っている鋳型上に冷却風が送られる。

【0041】

チャンバ内には温度センサ1215が設けられ、そして、好ましい態様では、チャンバ

10

20

30

40

50

内に配置された鋳型内の粉末金属又は金属溶湯の実際の温度を表示する信号を送る。装置は、チャンバ内の真空圧力の指示を送るように構成された真空圧力計 1216 も含む。

一実施形態では、圧力計 1216 と温度センサ 1215 は、チャンバの圧力及び温度を表示するコントローラ 1217 に信号を送るように構成されている。コントローラは、圧力計 1216 と温度センサ 1215 から受信した信号に応答して、抵抗発熱要素 1207 と真空システム 1209 の電源 1208 を作動させるように構成されている。一実施形態では、制御装置 1217 は、プログラムされたコンピュータ・システム又はマイクロ・コントローラである。

【0042】

(図 13)

10

図 13 は、1301 で本発明の別の実施形態を示す。金属成分を形成するために、鋳型 1302 に金属粒子 1303 が充填されている。電磁放射源 1304 が設けられ、サセプタ材料が、電磁放射線を受け、金属粒子 1303 を熱加熱することに応じて加熱されるよう構成されている。誘導加熱を用いてセラミック鋳型内で金属粉末を加熱するとき、誘導電界が融解する金属粉末自体と非常に弱く連結するのでそれを融解できないことが決定されている。

【0043】

本発明のセラミック鋳型は、従来の金属鋳型と違って、誘導電磁界に対して比較的透過性があるので、それ自体は加熱されない。それゆえ、誘導電磁界を用いて加熱するとき、放射サセプタが好ましい。該サセプタは、誘導電磁界のエネルギーを吸収し、セラミック鋳型に向かって赤外線エネルギーを放射するような材料からなるものが選択される。これにより、セラミック鋳型が加熱され、次に内部に含まれる金属粉末が加熱される。

20

【0044】

一実施形態において、電磁放射線はマイクロ波放射であり、該装置は、更に、マイクロ波発生器の形態で、マイクロ波放射源も含む。マイクロ波放射は、エネルギーを効率的に生成し、簡単に導くので、エネルギーの種類として好ましい。マイクロ波エネルギーを使用するとき、サセプタ材料としては炭化ケイ素が好ましい。炭化ケイ素は、他の多くのサセプタ材料よりも熱劣化しにくい傾向にあり、典型的には、摂氏 3000 度を超える温度に加熱できる。1301 に示す実施形態では、顆粒状のサセプタ材料が鋳型 1302 自体に含まれている。しかしながら、サセプタ顆粒状塊は、図 14 に示すものと実質的に同様の構成であり、別々に提供され得る。

30

【0045】

(図 14)

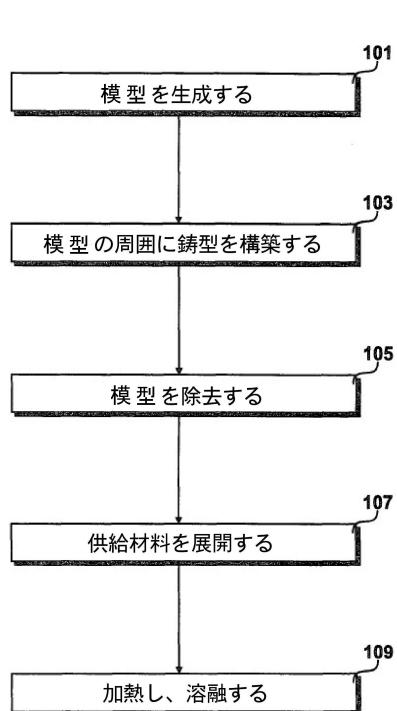
図 14 は、金属成分を形成する別の実施形態を 1401 で示す。鋳型 1402 は金属粒子 1403 を受容する。放射源 1404 は、容器 1405 の方向に向けて電磁放射線を放射する。容器 1405 は、放射源 1404 から放射された放射線に対して実質的に透過性があり、サセプタ材料 1406 は、鋳型を囲む容器 1405 内に含まれている。図示の実施形態では、サセプタ材料 1406 は、炭化ケイ素の粒子を含む顆粒状粒子状物質である。顆粒状サセプタ材料は、感受した(suspected)熱を鋳型に完全に与えることができる 40 ので、いくつかの用途において好ましい。

40

【0046】

図示の実施形態では、容器 1405 は、サセプタ材料の粒子 1406 で充填され、鋳型 1402 は、部分的又は全体的に顆粒状サセプタ材料 1406 中に浸漬するように容器内に配置される。サセプタ材料内に鋳型 1402 を浸漬することによって、熱エネルギーがサセプタ材料 1406 から鋳型 1402 の表面に効率的に移動するだけでなく、鋳型 1402 がサセプタ材料 1406 によって支持されるので、金属粉末 1403 が充填されたとき、鋳型が破碎するリスクが減少する。

【図1】



【図2】

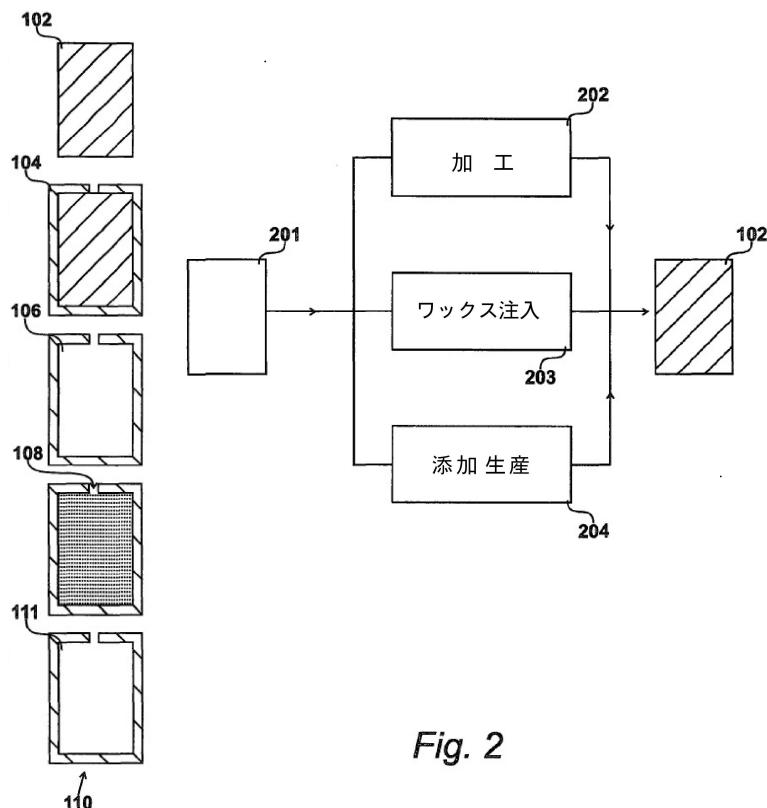


Fig. 2

Fig. 1

【図3】

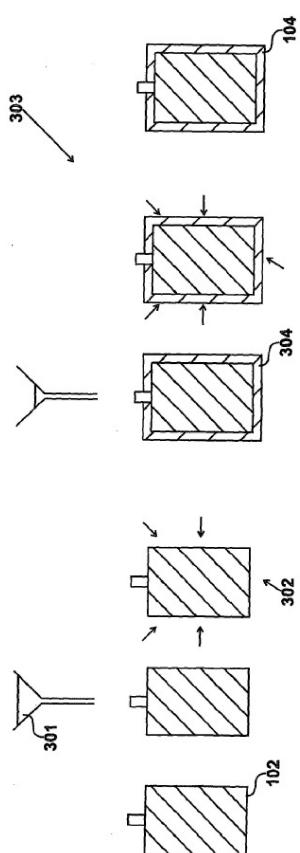


Fig. 3

【図4】

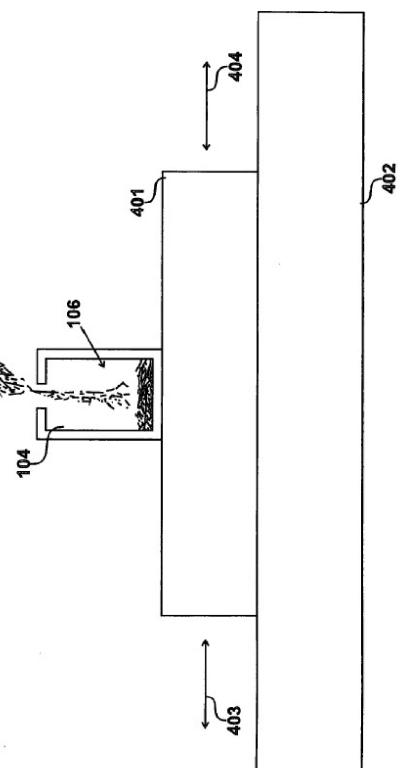
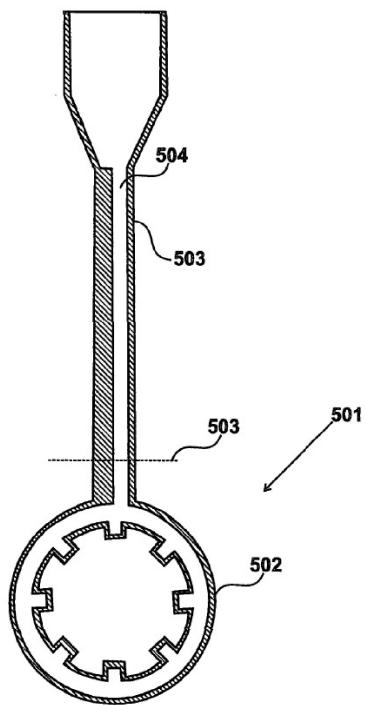


Fig. 4

【図5】



【図6】

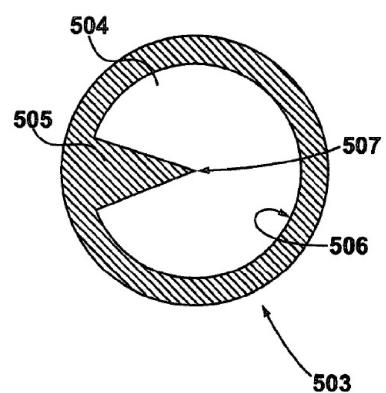
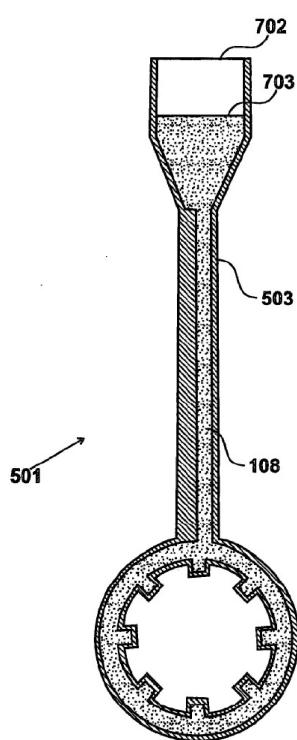


Fig. 5

Fig. 6

【図7】



【図8】

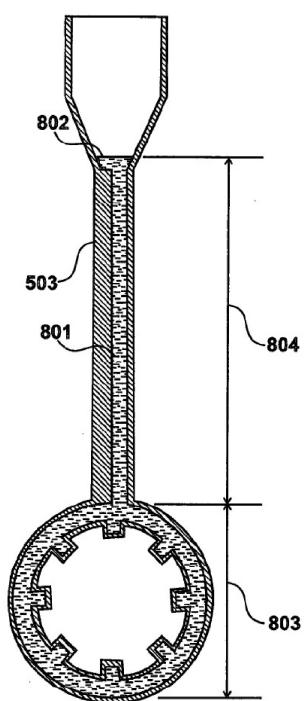


Fig. 7

Fig. 8

【図9】

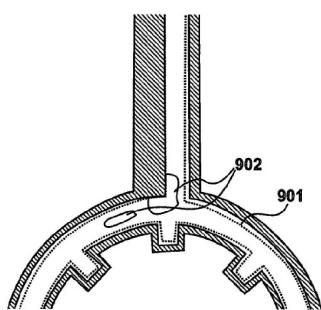


Fig. 9

【図10】

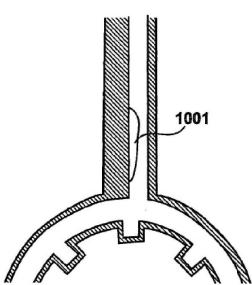


Fig. 10

【図11】

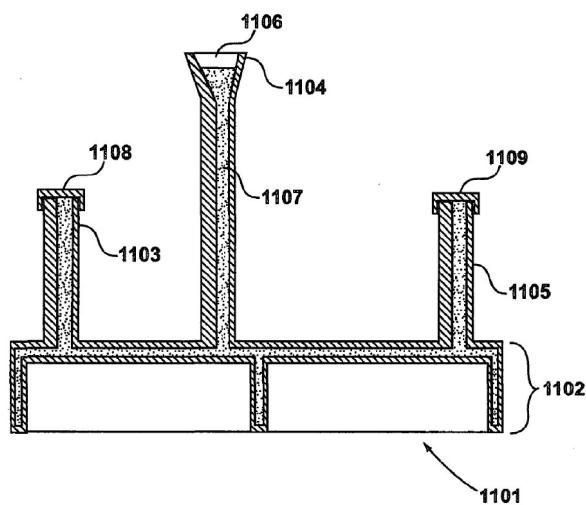


Fig. 11

【図12】

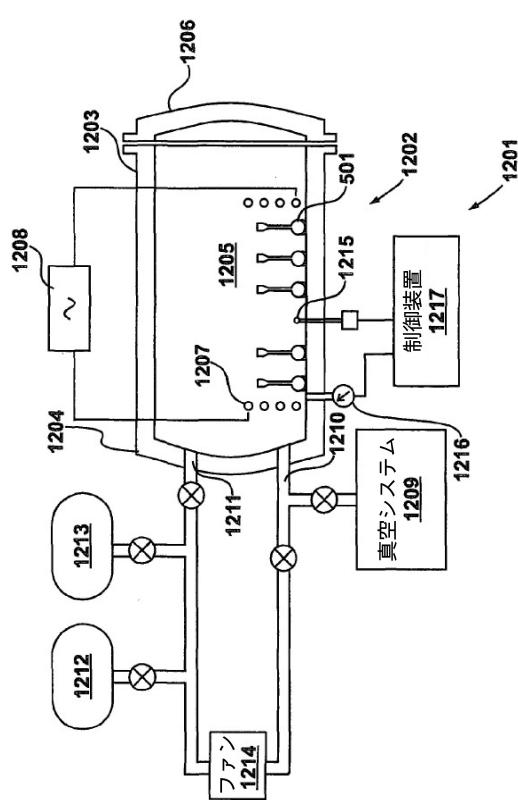


Fig. 12

【図13】

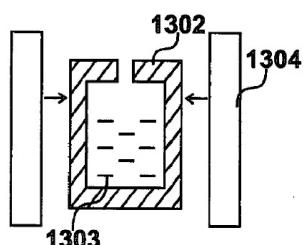


Fig. 13

【図14】

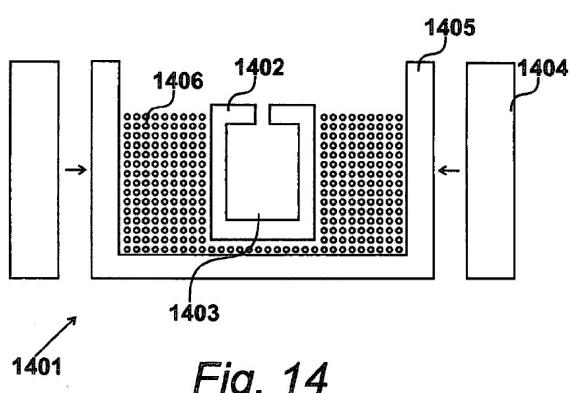


Fig. 14

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 1320171.0

(32)優先日 平成25年11月15日(2013.11.15)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(72)発明者 ジェームズ ミカエル コリンズ

英国 デーエヌ2 5エスディー ドンカスター州 ウィートリー・ヒルズ ザ・グローブ 54

審査官 坂本 薫昭

(56)参考文献 特開平09-087030(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22D 23/06

B22C 9/04

B22D 27/20