

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2005-297067
(P2005-297067A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005. 10. 27)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 C 9/04	B 2 2 C 9/04	D
B 2 2 C 9/10	B 2 2 C 9/04	C
	B 2 2 C 9/10	M
		4 E O 9 3

審査請求 有 請求項の数 26 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-118007 (P2005-118007)	(71) 出願人	590005449
(22) 出願日	平成17年4月15日 (2005. 4. 15)		ユナイテッド テクノロジーズ コーポレ イション
(31) 優先権主張番号	10/825, 396		UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(32) 優先日	平成16年4月15日 (2004. 4. 15)		アメリカ合衆国, コネチカット 0610 1, ハートフォード, ユナイテッド テク ノロジーズ ビルディング
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100096459
			弁理士 橋本 剛
		(74) 代理人	100092613
			弁理士 富岡 潔
最終頁に続く			

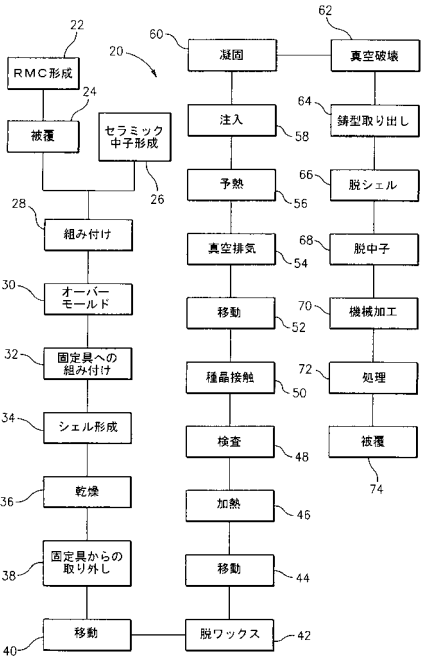
(54) 【発明の名称】 インベストメント鑄造鑄型形成方法、形成システム、およびインベストメント鑄造方法

(57) 【要約】

【課題】 インベストメント鑄造鑄型の形成方法、形成システム、およびインベストメント鑄造方法が提供される。

【解決手段】 少なくとも二工程加熱プロセスが、耐熱金属中子を含むインベストメント鑄造鑄型のシェルを強化するのに使用される。第一の段階は、実質的な中子の酸化を防止するのに十分な低温で他の点では酸化性条件下で生じ得る。第二の段階は、より高い温度での実質的に非酸化性条件下で生じ得る。インベストメント鑄造鑄型を形成する方法は、炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子が少なくとも部分的に埋め込まれている本体から成るパターンの上にシェルを形成34し、本体をシェルから実質的に除去42し、第一の組成の第一の雰囲気中で加熱46することによってシェルを強化し、真空中または第一の組成とは異なる第二の組成の第二の雰囲気中で加熱56することによってシェルをさらに強化する、ことを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子が少なくとも部分的に埋め込まれている炭化水素をベースにした本体から成るパターンの上にシェルを形成し、
本体をシェルから実質的に除去し、
第一の組成の第一の雰囲気中で加熱することによってシェルを強化し、
真空中または第一の組成とは異なる第二の組成の第二の雰囲気中で加熱することによってシェルをさらに強化する、
ことを含むことを特徴とする、インベストメント鑄造鑄型を形成する方法。

【請求項 2】

10

強化の加熱は、実質的に $800 \sim 1100^{\circ}\text{F}$ においてであり、
さらなる強化の加熱は、実質的に $1400 \sim 1600^{\circ}\text{F}$ においてである、
ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

さらなる強化の加熱は、鑄型へ溶融金属を導入する前の予熱であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

第一の組成は、第二の組成より酸化性であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

ガスタービンエンジンタービンエーロfoil部材を作製するのに使用されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。 20

【請求項 6】

第一の組成は、大部分、空気から成ることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

第二の組成は、大部分、一つまたは複数の不活性ガスから成ることを特徴とする請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

第一の組成は、少なくとも 15 kPa の酸素分圧を有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

30

第二の組成は、 10 kPa 以下の酸素分圧を有することを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子を完全に埋め込むことをさらに含むことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

強化は、最大 MOR 強度の $65 \sim 80\%$ の第一の破壊係数 (MOR) 強度をシェルに与えるのに効果的であり、

さらなる強化は、最大 MOR 強度の少なくとも 85% の第二の MOR 強度をシェルに与えるのに効果的である、

40

ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

本体の実質的な除去の後に、シェルは、最大 MOR 強度の 50% 以下の予備的 MOR 強度を有することを特徴とする請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

請求項 1 に記載のインベストメント鑄造鑄型を形成し、

溶融金属を鑄型に導入し、

溶融金属を凝固させ、

鑄型を破壊的に除去する、

ことを含むことを特徴とする、インベストメント鑄造する方法。 50

【請求項 14】

シェルは、さらなる強化と導入との間で 1200 °F より下に下らないことを特徴とする請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

一つまたは複数の被覆層を、ワックスの第一の部分と耐熱金属中子を含む第二の部分とを有する犠牲パターンに施すことと、

パターンの第一の部分の主要部分を除去するように被覆パターンを水蒸気脱ワックスし、被覆層によって形成されるシェル内に第二の部分を残すことと、

シェルを硬化させかつワックスの残留物または副生成物を除去するためのシェルの第一の加熱であって、最大 MOR 強度の 85 % 以下の第一の破壊係数 (MOR) 強度をシェルに与えるのに効果的である、第一の加熱と、

第二の MOR 強度にシェルを強化するためのシェルの第二の加熱と、を含むことを特徴とするインベストメント鑄造鑄型を形成する方法。

【請求項 16】

第一の加熱は、酸化性雰囲気中においてであり、

第二の加熱は、真空中または不活性雰囲気中においてである、ことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 17】

第二の加熱は、熔融金属の導入の前の予熱であることを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 18】

第一の MOR 強度は、最大 MOR 強度の 65 ~ 80 % であり、

第二の加熱は、第二の MOR 強度が最大 MOR 強度の少なくとも 85 % となるように効果的である、

ことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 19】

第一の加熱は、800 °F と 1100 °F の間のピーク温度を有し、

第二の加熱は、1500 °F を超えるピーク温度を有する、ことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 20】

第一の加熱は、少なくとも 2 . 0 時間、800 °F と 1100 °F の間の温度を有し、

第二の加熱は、少なくとも 1 . 0 時間、1500 °F を超える温度を有する、ことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 21】

第二の部分は、

耐熱金属中子と、

耐熱金属中子上の被覆と、

施す前に耐熱金属中子に取り付けられたセラミック中子と、を含むことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 22】

一つまたは複数の被覆層を、鑄型空隙を形成するための第一の部分と、鑄型の部分を形成するための第二の部分とを有する犠牲パターンに施すことと、

パターンの第一の部分の主要部分を除去し、被覆層によって形成されるシェル内に第二の部分を残す、第一の工程と、

最大 MOR 強度の 85 % 以下の第一の破壊係数 (MOR) 強度をシェルに与えるのに効果的になるようにシェルを最初に硬化する、第二の工程と、

パターンの第二の部分の実質的な劣化なしでシェルをさらに硬化する、第三の工程と、

を含むことを特徴とするインベストメント鑄造鑄型を形成する方法。

【請求項 2 3】

ガスタービンエンジン部材を作製するのに使用されることを特徴とする請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 2 4】

第二の工程は、少なくとも 2 0 k P a の酸素分圧下で実質的に実施し、
第三の工程は、5 k P a 以下の酸素分圧下で実質的に実施する、
ことを特徴とする請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 2 5】

請求項 2 2 に記載のインベストメント鑄造鑄型を形成し、
溶融金属を鑄型に導入し、
溶融金属を凝固させ、
インベストメント鑄造鑄型を破壊的に除去する、
ことを含むことを特徴とするインベストメント鑄造する方法。

10

【請求項 2 6】

炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子が少なくとも部分的に埋め込まれている炭化水素をベースにした本体から成るパターンの上にシェルを形成する手段と、

本体をシェルから実質的に除去する手段と、

第一の組成の第一の雰囲気中で加熱することによってシェルを強化する手段と、

真空中または第一の組成とは異なる第二の組成の第二の雰囲気中で加熱することによってシェルをさらに強化する手段と、

20

を備えることを特徴とする、インベストメント鑄造鑄型を形成するためのシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、インベストメント鑄造に関する。より詳細には、本発明は、酸化可能な中子を有する鑄型を使用するインベストメント鑄造に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

インベストメント鑄造は、複雑な形状を有する金属製部材、特に中空部材を形成するために一般に使用されている技術であり、超合金ガスタービンエンジン部材の製作に使用されている。

30

【0 0 0 3】

ガスタービンエンジンは、航空機の推進、発電、船舶の推進、およびポンプを含む用途に広く使用されている。ガスタービンエンジン用途においては、効率が最重要の目的である。

【0 0 0 4】

ガスタービンエンジン効率の改善は、より高温での作動により達成できるが、タービンセクションにおける現在の作動温度は、タービン部材内に使用される超合金材料の融点を超えている。その結果、空冷するのが一般的な方法である。冷却は、エンジンの圧縮機セクションから相対的に低温の空気を、冷却されるタービン部材内の通路を通して流すことによって行われる。このような冷却には、エンジン効率に付随する犠牲が伴う。従って、向上した特定の冷却を行って所定量の冷却空気から得られる冷却の利益量を最大にするのが非常に望まれている。これは、細かな正確に配置された冷却通路セクションの使用によって得ることができる。

40

【0 0 0 5】

ブレードおよびベーンなどといった内部冷却されるタービンエンジン部品のインベストメント鑄造に関しては、よく発展した分野が存在する。典型的なプロセスにおいては、各キャビティが鑄造される部品におおよそ対応する形状を有する一つまたは複数の鑄型キャビティ (m o l d c a v i t y) を有する鑄型が作成される。鑄型を作成する典型的な

50

プロセスには、部品の一つまたは複数のワックス型すなわちワックスパターン (wax pattern) の使用が含まれる。ワックスパターンは、部品内の冷却通路の容積部 (positive) におおよそ対応するセラミック中子上にワックスを成形することによって形成される。シェル作成プロセスにおいては、周知の方法によって一つまたは複数のそのようなワックスパターンの周りにセラミックシェルが形成される。ワックスは、オートクレーブ内での融解などによって除去できる。シェルは、シェルを強化するように焼成できる。これにより、部品を画定する一つまたは複数の区画を有するシェルからなる鋳型が残されるが、この鋳型はまた、冷却通路を画定する一つまたは複数のセラミック中子を含む。次に、一つまたは複数の部品を鋳造するように溶融合金を鋳型に導入できる。合金が冷却および凝固されると、シェルおよび中子は、一つまたは複数の成形された部品から機械的および/または化学的に除去できる。次に一つまたは複数の部品は、一つまたは複数の段階で機械加工および/または処理できる。

10

【特許文献1】米国特許第6,637,500号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

セラミック中子自体は、セラミック粉末と結合剤物質の混合物を硬化鋼金型内に注入し、この混合物を成形することで形成できる。金型から取り除いた後、未焼結 (green) 中子は、熱的に後処理して結合剤を取り除き、また焼成してセラミック粉末を互いに焼結させる。より細かな冷却形状部へ向かう傾向は、中子製造技術に負担をかけてきた。細かな形状部は、製造が困難であり得るしかつ/あるいは一旦製造されると壊れやすいことが判明し得る。同一出願人の同時係属のシャー (Shah) らの米国特許第6,637,500号は、セラミックおよび耐熱金属中子の組み合わせのさまざまな例を開示している。しかしながら、さまざまな耐熱金属は、シェルを焼成するのに使用される温度付近の高温で酸化される傾向がある。従って、シェル焼成は、耐熱金属中子を劣化させ、それによって、満足されない可能性のある部品の内部形状部が生成されることがある。従って、このような中子およびそれらの製造技術には、さらなる改良の余地が残っている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、インベストメント鋳造鋳型を形成する方法を含む。シェルは、炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子が少なくとも部分的に埋め込まれている炭化水素をベースにした本体から成るパターンの上に形成される。本体は次に、シェルから実質的に除去される。シェルは、第一の組成の第一の雰囲気中で加熱することによって強化される。シェルは、真空中または第一の組成とは異なる第二の組成の第二の雰囲気中で加熱することによってさらに強化される。

30

【0008】

さまざまな実施において、さらなる強化工程の加熱は、鋳型へ溶融金属を導入する前の予熱とすることができる。第一の組成は、第二の組成より酸化性とすることができる。方法は、ブレードまたはペーンなどのガスタービンエンジンエアーfoil部材を作製するのに使用できる。第一の組成は、大部分 (例えば、体積で)、空気から成り得る。第二の組成は、大部分、一つまたは複数の不活性ガスから成り得る。第一の組成は、少なくとも15 kPaの酸素分圧を有し得る。第二の組成は、10 kPa以下の酸素分圧を有し得る。強化は、最大MOR強度の65~80%の第一の破壊係数 (modulus of rupture) (MOR) 強度をシェルに与えるのに効果的であり得る。さらなる強化は、最大MOR強度の少なくとも85%の第二のMOR強度をシェルに与えるのに効果的であり得る。本体の実質的な除去の後に、シェルは、最大MOR強度の50%以下の予備的MOR強度を有し得る。

40

【0009】

本発明の別の態様は、インベストメント鋳造する方法を含む。そのような鋳造鋳型を形成できる。溶融金属を鋳型に導入できる。溶融金属は、凝固させることができる。鋳型は

50

、破壊的に除去できる。さまざまな実施において、シェルの温度は、さらなる強化と熔融金属の導入との間でしきい値（例えば 1200 °F）より下に下らない。

【0010】

本発明の別の態様は、インベストメント鑄造鑄型を形成する方法を含む。一つまたは複数の被覆層が、ワックスの第一の部分と耐熱金属を含む第二の部分とを有する犠牲パターンに施される。水蒸気脱ワックス（steam dewax）によって、パターンの第一の部分の主要部分を除去でき、被覆層によって形成されるシェル内に第二の部分を残すことができる。シェルの硬化させかつワックスの残留物または副生成物を除去するようにシェルの第一の加熱があり得る。この第一の加熱は、最大 MOR 強度の 85 % 以下の第一の破壊係数（MOR）強度をシェルに与えるのに効果的であり得る。シェルの第二の加熱が、第二の MOR 強度にシェルを強化できる。

10

【0011】

さまざまな実施において、第一の加熱は、酸化性雰囲気中とすることができ、第二の加熱は真空中または不活性雰囲気中とすることができる。第二の加熱は、熔融金属の導入の前の予熱とすることができる。第一の MOR 強度は、最大 MOR 強度の 65 ~ 80 % とすることができる。第二の加熱は、第二の MOR 強度が最大 MOR 強度の少なくとも 85 % となるように効果的であり得る。第一の加熱は、800 °F と 1100 °F の間のピーク温度を有し得る。第二の加熱は、1500 °F を超えるピーク温度を有し得る。第一の加熱は、少なくとも 2 . 0 時間、800 °F と 1100 °F の間の温度を有し得る。第二の加熱は、少なくとも 1 . 0 時間、1500 °F を超える温度を有し得る。第二の部分は、耐熱金属中子と、耐熱金属中子上の被覆と、施す前に耐熱金属中子に取り付けられたセラミック中子とを含むことができる。

20

【0012】

本発明の別の実施態様は、インベストメント鑄造鑄型を形成する方法を含む。一つまたは複数の被覆層が、鑄型空隙を形成するための第一の部分と、鑄型の部分を形成するための第二の部分とを有する犠牲パターンに施される。第一の工程では、パターンの第一の部分の主要部分が除去され、被覆層によって形成されるシェル内に第二の部分が残される。第二の工程では、シェルは、最大 MOR 強度の 85 % 以下の第一の破壊係数（MOR）強度をシェルに与えるのに効果的になるように最初に硬化される。第三の工程では、シェルは、パターンの第二の部分の実質的な劣化なしでさらに硬化される。

30

【0013】

さまざまな実施において、方法は、ガスタービンエンジン部材を作製するのに使用できる。第二の工程は、少なくとも 20 kPa の酸素分圧下で実質的に実施できる。第三の工程は、5 kPa 以下の酸素分圧下で実質的に実施できる。

【0014】

本発明の別の態様は、インベストメント鑄造鑄型を形成するためのシステムを含む。パターンの上にシェルの形成する手段が備えられる。パターンは、炭化水素をベースにした本体内に耐熱金属をベースにした中子が少なくとも部分的に埋め込まれている炭化水素をベースにした本体から成る。本体をシェルから実質的に除去する手段が備えられる。第一の組成の第一の雰囲気中で加熱することによってシェルの強化する手段が備えられる。真空中または第一の組成とは異なる第二の組成の第二の雰囲気中で加熱することによるシェルのさらなる強化の手段が備えられる。

40

【0015】

本発明の一つまたは複数の実施例の詳細は、添付の図面および以下の説明で示される。本発明の他の特徴、目的、および利点は、説明および図面、そして請求の範囲によって明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

さまざまな図面中の同様の参照番号および符号は、同様の部材を示す。

【0017】

50

図1は、インベストメント鑄造鑄型を形成する例示的な方法20を示す。一つまたは複数の金属製中子部材が形成22され(例えば、シート金属からスタンピングまたは切削することによるモリブデンおよびニオブなどの耐熱金属から)、被覆24される。適切な被覆材料としては、シリカ、アルミナ、ジルコニア、クロミア(chromia)、ムライト、およびハフニア(hafnia)が挙げられる。好ましくは、耐熱金属と被覆の熱膨張率(coefficient of thermal expansion)(CTE)は類似している。被覆は、任意の適切な技術(例えば、CVD、PVD、電気泳動、およびゾルゲル法)によって施すことができる。個々の層は一般に、0.1から1ミルの厚みとすることができる。溶融金属腐食および溶解からの保護のためのセラミック被覆と組み合わせ、Pt、他の貴金属、Cr、およびAlの金属層を酸化保護のために金属製中子部材に施すことができる。

10

【0018】

一つまたは複数のセラミック中子も形成26される(例えば、成形および焼成プロセスにおけるシリカから)。一つまたは複数の被覆金属製中子部材(以下、耐熱金属中子(refractory metal core)(RMC)という)を、一つまたは複数のセラミック中子に組み付け28する。中子アセンブリは次いで、天然または合成ワックスなどの容易に犠牲となる材料でオーバーモールド(overmold)30される(例えば、鑄型内にアセンブリを配置して、その周りにワックスを成形することにより)。与えられた鑄型内に含まれるそのような複数のアセンブリが有り得る。

【0019】

20

オーバーモールドされた中子アセンブリ(またはアセンブリの群)は、鑄造される部品の外部形状に大まかに対応する外部形状を有する鑄造パターンを形成する。パターンは次いで、シェル形成固定具に組み付け32することができる(例えば、固定具の端部プレート間のワックス溶接(wax welding)によって)。パターンは次いで、シェル形成34される(例えば、スラリー浸漬、スラリー噴霧、または同様なものの一つまたは複数の段階によって)。シェルが堆積された後に、それは乾燥36できる。乾燥は、引き続き処理を可能とするのに少なくとも十分な強度またはその他の物理的完全性の性質をシェルに与える。例えば、包まれ(invest)た中子アセンブリを収容するシェルは、シェル形成固定具から完全にまたは部分的に取り外す38ことができ、次いで脱ワックス装置(dewaxer)(例えば、水蒸気オートクレーブ)に移動40させることができる。脱ワックス装置内では、水蒸気脱ワックスプロセス42が、ワックスの主要部分を除去し、シェル内に取り付けられた中子アセンブリを残す。シェルおよび中子アセンブリは、最終の鑄型を大まかに形成することになる。しかしながら、脱ワックスプロセスは一般に、シェル内部の上および中子アセンブリの上にワックスまたは副生成物炭化水素残留物を残す。

30

【0020】

脱ワックス後に、シェルは、雰囲気炉(例えば、空気またはその他の酸化性雰囲気を含む)に移動44させ、その中で、シェルは、シェルを予め強化(prestrengthen)するのに効果的な第一の長さの時間、第一のピーク温度に加熱46する。加熱46によって、残留するどのようなワックス残留物も除去する(例えば、蒸発によって)かあるいは炭化水素残留物を炭素に変換させるかの一方または両方を行うことができる。雰囲気中の酸素は、炭素と反応して二酸化炭素を形成する。炭素の除去は、後続の作業段階において使用する真空ポンプを閉塞(clog)させる炭素を避けるのに有利である。この炭素燃焼は一般に、シェルの有利な予強化に伴うシェルの酸化と同時に起こり得る。例示的な予強化は、シェルの極限(例えば、最大の完全に焼成した)破壊係数(MOR)強度の一部(例えば、50~90%、より狭くは、60~85%、あるいは65~80%)をシェルに与える。通常のシェル材料では、工業的な方法は一般に、実質的に最大のMOR強度を達成するように実質的に完全にシェルを焼成することとして、少なくとも1時間、少なくとも1500°Fの温度で焼成することを伴う。通常の方法では、シェルを、少なくともこの期間、少なくとも概略等温に維持する。これは、脱ワックス直後の相対的に未

40

50

焼結状態の極限MOR強度の50%よりかなり下からの上昇を意味し得る。予硬化 (pre-harden) 温度は、一つまたは複数の金属製中子部材の実質的な酸化を防止するために、雰囲気炉内の雰囲気酸化性の性質を考慮して、十分に低いのが有利である。保護被覆の存在にもかかわらず、酸化は、被覆内の微小割れ (microcrack) および細孔 (porosity) の存在に起因して、依然としてかなりの可能性のある問題である。酸化によって、被覆の剥離またはその他の損傷、および金属製中子上の表面の凹凸 (irregularities) が生じ得る。被覆の損傷によって、後続の高い鑄造温度における金属製中子部材の蒸発、および、鑄造合金と金属製中子部材との反応、の一方または両方が生じ得る。酸化により引き起こされた表面の凹凸は次いで、鑄造部品の関連する内面に欠陥を形成するが、これは、細かな特徴部を形成する際の特別な問題となる。例示的なピーク予硬化温度は、2~4時間の予硬化時間で、1150°F未満 (例えば、800~1100°F) である。例示的な予硬化温度および時間は、約1000°F、約3.5時間である。

10

【0021】

予硬化の後、鑄型は、雰囲気炉から取り出し、冷却し、検査48することができる。鑄型は、一方向凝固 (directionally solidified) (DS) 鑄造物または単結晶 (single-crystal) (SX) 鑄造物から成る最終の結晶構造を確立するように鑄型内に金属種晶を配置することによって種晶接触 (seed) 50 できる。それにもかかわらず、本発明の技術は、他のDS鑄造技術およびSX鑄造技術 (例えば、そこでは、シェル形状寸法が、結晶粒セレクト (selector) (または選択装置) を規定する) に、あるいは他の微小構造 (microstructure) の鑄造物に適用できる。代替として、鑄型は、それらを有することができる。鑄型は、鑄造炉 (例えば、炉内で頂部に冷却板 (chill plate) が配置してある) に移動52 させることができる。鑄造炉は、鑄造合金の酸化を防止するようにポンプで真空排気54 するかあるいは非酸化性雰囲気 (例えば、不活性ガス) を充填することができる。鑄型を予熱 (preheat) するように鑄造炉を加熱56 する。この予熱は、二つの目的すなわち、シェルをさらに硬化および強化する (例えば、極限MOR強度の少なくとも5%は増える) ように、また、溶融合金を導入する際に合金の熱衝撃および時期尚早の凝固を防止するためにシェルを予熱するように機能する。従って、予熱温度および時間は、シェルの予硬化された状態を超えて実質的にさらにシェルを硬化するのに十分となるのが有利である。これは、シェル内のセラミック粒子の焼結を含むことができる。有利なMORは、極限MORの85%を超過し、より詳細には、90または95%を超過する。これは、少なくとも1200°F、より詳細には少なくとも1400°Fの予熱温度で、また約1600°Fの例示的な予熱温度で達成できる。例示的な予熱時間は、約1時間 (例えば、0.25~4.0時間、より狭くは、0.75~2.0時間) である。

20

30

【0022】

予熱後、依然として真空条件下で、溶融金属を鑄型内へ注入58し、鑄型を冷却して合金を凝固60させる (例えば、炉の高温帯域からの引き出し後)。凝固後、真空は破壊62 でき、冷却した鑄型は、鑄造炉から取り出す64 ことができる。シェルは、脱シェル (deshell) プロセス66 (例えば、シェルの機械的な破壊) で取り出すことができ、中子アッセンブリは、鑄造物品 (例えば、最終部品の金属製前駆体) を残すように脱中子 (decоре) プロセス68 (例えば、化学的プロセス) で取り出すことができる。鑄造物品は、機械加工70、化学的および/または熱的な処理72、および被覆74を行って最終部品を形成できる。

40

【0023】

図2は、例示的なプロセスの代替の変形例100を示し、ここでは、同様の工程は、同様の参照符号で示してある。しかしながら、代替のプロセスは、焼成を予熱から分離している。従って、検査48の後で、予硬化した鑄型を、続いて鑄造を行う鑄造炉から分離できる非雰囲気炉に移動102させる。移動後、非雰囲気炉は、ポンプで真空排気104 (および/または不活性ガスまたはその混合物などの不活性雰囲気を充填) できる。真空排

50

気後、鋳型は、予熱 5 6 と同様の温度および時間で焼成 1 0 6 できる。焼成後、真空を破壊 1 0 8 し（あるいは不活性雰囲気を用いた方法で排気し）、鋳型を取り出す 1 1 0 ことができる。取り出し後、さらなる検査 1 1 2、一時的保管、追加の処理、および同様なものなどを行うことができる。その後、鋳型は、種晶接触 1 1 4 でき、鋳造炉へ移動 1 1 6 させることができる。ポンプでの真空排気 1 1 8 は、ポンプでの真空排気 5 4 と同様とすることができる。予熱 1 2 0 は、予熱 5 6 と同様とすることができるか、あるいは、焼成作用が少なくとも大まかに既に生じてしまっているようにより突然とすることができる。

【 0 0 2 4 】

本発明の一つまたは複数の実施態様を説明した。それにもかかわらず、本発明の精神および範囲から逸脱せずにさまざまな変形を行い得ることは理解されるであろう。例えば、原理は、既存のまたは今なお開発されているプロセスの変形として実施でき、これらの場合、これらのプロセスは、実施のパラメータを左右するかあるいは指定するであろう。従って、他の実施態様は、添付の特許請求の範囲内にある。

10

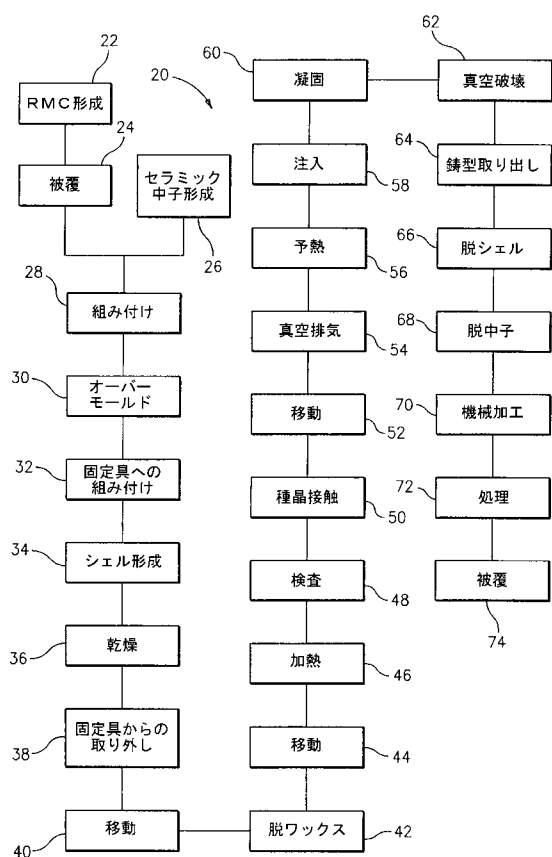
【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 5 】

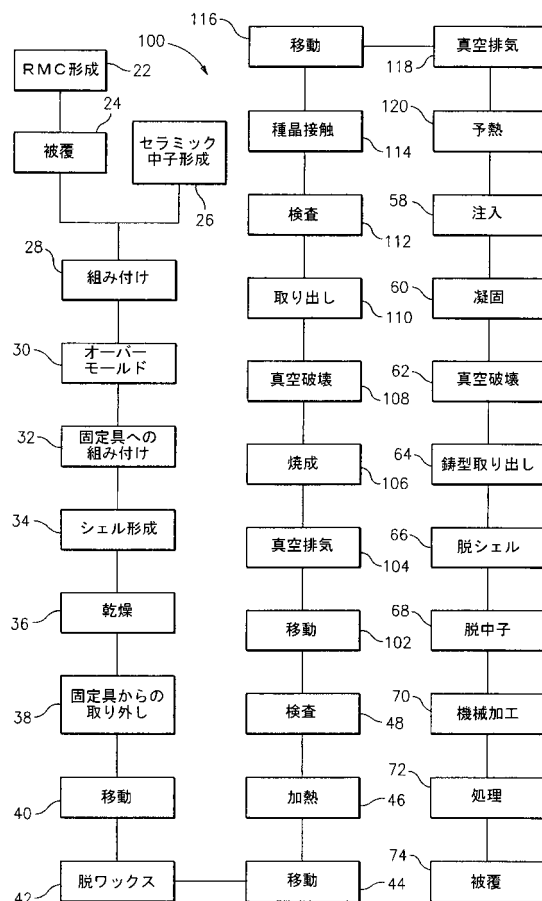
【 図 1 】 本発明の原理に従う第一の鋳型作製プロセスの流れ図である。

【 図 2 】 本発明の原理に従う第二の鋳型作製プロセスの流れ図である。

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェイコブ エイ．スナイダー
アメリカ合衆国，コネチカット，ウィンザー ロックス，エヌ メイン ストリート 1
- (72)発明者 ジェイムス ティー．ピールズ
アメリカ合衆国，コネチカット，ウエスト ハートフォード，マイルズ スタンディッシュ ドライブ 17
- (72)発明者 ジョシュア イー．パースキー
アメリカ合衆国，コネチカット，マンチェスター，チェスナット ストリート 58エイ，アパートメント 15
- (72)発明者 カール アール．バーナー
アメリカ合衆国，コネチカット，ウィンザー，コブルストン ウェイ 52
- (72)発明者 リー ディー．ケナード
アメリカ合衆国，コネチカット，マンチェスター，エルム ストリート 91，アパートメント 304シー
- (72)発明者 ドーン ディー．マンディック
アメリカ合衆国，メリーランド，モンロヴィア，フィンガーボード ロード 12166
- (72)発明者 ステファン ディー．マーレイ
アメリカ合衆国，コネチカット，マルボロ，ヒッコリー ロード 35
- F ターム(参考) 4E093 GB02 GC20 MB04 MB10 QA04 QA10 QB08 RD02 UC01 UC02