

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6199018号
(P6199018)

(45) 発行日 平成29年9月20日 (2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日 (2017.9.1)

(51) Int.Cl.	F 1
B 2 2 C 9/04 (2006.01)	B 2 2 C 9/04 D
	B 2 2 C 9/04 E

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-224614 (P2012-224614)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成24年10月9日 (2012.10.9)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-76458 (P2014-76458A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成26年5月1日 (2014.5.1)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成27年7月31日 (2015.7.31)		弁理士 酒井 宏明
		(74) 代理人	100118762
			弁理士 高村 順
		(72) 発明者	小熊 英隆
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	森 一剛
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 精密鋳造用鋳型の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋳物の製造に用いる精密鋳造用鋳型の製造方法であって、

精密鋳造用ろう型を、 $0.3 - 1.0 \mu\text{m}$ の粒径の範囲に単一分散してなる均一分散物であるアルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際ムライトとなる精密鋳造用鋳型スラリーに浸漬し、引き上げた後乾燥して、ろう型の表面にスラリー膜からなるプライム層を形成する第1成膜工程と、

前記プライム層を形成したろう型を、前記精密鋳造用鋳型スラリーに浸漬し、引き上げた後、スラリー表面にスタッコ材を振掛け、その後乾燥してバックアップ層を形成する第2成膜工程と、

前記第2成膜工程のバックアップ層を形成する工程を複数回繰り返し、複層バックアップ層を形成した成形体を得る成形体形成工程と、

得られた成形体からろう型のワックスを融解・除去する脱ワックス工程と、

脱ワックス後の成形体を焼成処理し、鋳型を得る鋳型焼成工程と、を有することを特徴とする精密鋳造用鋳型の製造方法。

【請求項2】

請求項1において、

前記第1成膜工程の際、前記精密鋳造用鋳型スラリーからなるスラリー層に、スタッコ材を付着してスタッコ層を形成し、その後乾燥することを特徴とする精密鋳造用鋳型の製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記精密鑄造用鑄型スラリーの分散剤がポリカルボン酸塩であることを特徴とする精密鑄造用鑄型の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、精密鑄造用鑄型の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

鑄物を製造する鑄造方法には、鑄物を高い精度で製造する場合に用いられる精密鑄造方法がある。精密鑄造方法は、特許文献 1 に記載されているように、成形部品と同一形状の消失性模型（ワックス型）の周囲にスラリーを塗布し、その後、初層スタック（フラワー）を付着させ、乾燥させる。その後、スラリーの塗布、スタックの付着、乾燥の 3 つの工程を繰返し行い、鑄物の外側を覆う型（外側鑄型）を作製する。

【0003】

ここで、精密鑄造用鑄型はシリカゾルを主体とするスラリーにワックス型を付け込み、ワックス型の表面にスラリーを付着させ乾燥させる。

1 回の操作では付着するスラリーが少なく、薄いものしかできないので、数回～10 数回繰返して厚さを稼いでいる。また、乾燥を早くするため、あるいは、早く肉厚を確保するため、乾燥割れを防止するため、スタック材と呼ばれる粗い粒子をスラリー表面にふりかけ、付着させている。そのため、鑄型の断面構造は緻密層、粗い粒子の層の繰返しとなっている。

20

例えばシリカゾルは粒径 20 nm 程度の球状シリカ粒子が分散された液である。このシリカ超微粒子が、乾燥の過程でスラリーに含まれるジルコン、アルミナなどの比較的細かい粒子（数ミクロンから数十ミクロン）及び粗い粒子（スタック）（数百ミクロン～数 mm）の表面に付着し、乾燥、熱処理により固く結合することにより、鑄型の形状が保たれると同時に強度を保有し、鑄型として利用できるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2001-18033 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、一般的には、前述のシリカゾル（シリカの超微粒子を分散した液）を用いた鑄型で十分であるが、例えば一方向凝固翼製造などでは、結晶の析出方向を制御するため、熔融金属を保持する。この結果、高温（例えば 1550℃ 程度）での保持時間が長くなる。この場合、高温で保持されるため、バインダであるシリカが軟化して、鑄型の変形を生じてしまう、という問題がある。

40

【0006】

ここで、一方向凝固翼製造などでは、鑄型を真空中のヒーター内に設置し、熔融金属の融点以上の温度に加熱保持して、鑄型中に熔融金属を注入し、鑄型をヒーターから下方へ引き下げを制御しながら引き抜くことにより、熔融金属を下方の一方向から冷却、凝固させることにより製造されるのが一般的である。

【0007】

よって、例えば一方向凝固翼製造等において、高温（例えば 1550℃ 程度）での長時間に亘って保持した場合でも変形が抑制される鑄型の出現が切望されている。

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、高温で長時間保持した場合でも変形が

50

生じない精密鑄造用鑄型の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するための本発明の第1の発明は、鑄物の製造に用いる精密鑄造用鑄型の製造方法であって、精密鑄造用ろう型を、 $0.3 - 1.0 \mu\text{m}$ の粒径の範囲に単一分散してなる均一分散物であるアルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際ムライトとなる精密鑄造用鑄型スラリーに浸漬し、引き上げた後乾燥して、ろう型の表面にスラリー膜からなるプライム層を形成する第1成膜工程と、前記プライム層を形成したろう型を、前記精密鑄造用鑄型スラリーに浸漬し、引き上げた後、スラリー表面にスタック材を振掛け、その後乾燥してバックアップ層を形成する第2成膜工程と、前記第2成膜工程のバックアップ層を形成する工程を複数回繰り返し、複層バックアップ層を形成した成形体を得る成形体形成工程と、得られた成形体からろう型のワックスを融解・除去する脱ワックス工程と、脱ワックス後の成形体を焼成処理し、鑄型を得る鑄型焼成工程と、を有することを特徴とする精密鑄造用鑄型の製造方法にある。

10

【0010】

第2の発明は、第1の発明において、前記第1成膜工程の際、前記精密鑄造用鑄型スラリーからなるスラリー層に、スタック材を付着してスタック層を形成し、その後乾燥することを特徴とする精密鑄造用鑄型の製造方法にある。

【0011】

第3の発明は、第1又は2の発明において、前記精密鑄造用鑄型スラリーの分散剤がポリカルボン酸塩であることを特徴とする精密鑄造用鑄型の製造方法にある。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明は、耐熱性が高いムライトとなるアルミナ微粒子とシリカゾルとを用いてスラリーとすることで、従来のシリカゾル使用に対して耐熱温度が向上し、例えば一方向凝固製造等における高温（例えば 1550°C ）で長時間に亘って保持した場合でも変形が生じない鑄型が得られる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、外側鑄型となる乾燥成形体の構成図である。

30

【図2】図2は、外側鑄型となる他の乾燥成形体の構成図である。

【図3】図3は、鑄造方法の工程の一例を示すフローチャートである。

【図4】図4は、鑄型製造方法の工程の一例を示すフローチャートである。

【図5】図5は、コアの製造工程を模式的に示す説明図である。

【図6】図6は、金型の一部を模式的に示す斜視図である。

【図7】図7は、ろう型の製造工程を模式的に示す説明図である。

【図8】図8は、ろう型にスラリーを塗布する構成を模式的に示す説明図である。

【図9】図9は、外側鑄型の製造工程を模式的に示す説明図である。

【図10】図10は、鑄型製造方法の一部工程を模式的に示す説明図である。

【図11】図11は、鑄造方法の一部工程を模式的に示す説明図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下の説明により本発明が限定されるものではない。また、以下の説明における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。

【0015】

図1は、外側鑄型となる乾燥成形体の構成図である。図2は、外側鑄型となる他の乾燥成形体の構成図である。

図1に示すように、精密鑄造用鑄型は、鑄物の製造に用いる精密鑄造用鑄型であって、前記鑄物の内部の空洞部分に対応する形状のコアと、前記鑄物の外周面の形状に対応する

50

外側鑄型と、を有し、前記外側鑄型は、内周面に形成され、粒径 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下（好適には $0.3\sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$ ：実施例に記載）の単一分散してなるアルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際ムライトとなる精密鑄造用鑄型スラリーを用いて乾燥してなるスラリー膜からなるプライム層（第1乾燥膜）101Aと、前記プライム層（第1乾燥膜）101Aの外側に形成され、前記精密鑄造用鑄型スラリーからなるスラリー層102と、該スラリー層にスタック材を付着したスタック層103とにより形成し、乾燥してなる第1バックアップ層（第2乾燥膜）104-1を、複数回形成してなる複層バックアップ層105Aと、からなるものである。

【0016】

ここで、本発明でスラリーを形成するバインダである高純度超微粒のアルミナ微粒子（アルミナ超微粒子）は、分散手段である例えばボールミルを用いて、単一分散されているものを用いる。

10

ここで、単一分散されているとは、例えば粒径が約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ のアルミナ微粒子を用いてスラリーを形成する場合、分散処理をした結果においても、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ に単一分散されている状態をいう。

ここで、アルミナ微粒子の粒径としては、 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.3\sim 0.6\text{ }\mu\text{m}$ の範囲とするのが良い。

【0017】

本発明では、アルミナ微粒子が $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましいのは、 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、曲げ試験強度の結果が好ましくないことによる。

20

【0018】

ここで、単一分散させるための分散剤として、例えばポリカルボン酸塩（例えばアンモニウム塩）を用いて、分散させるようにしている。

【0019】

また、分散手段としては、例えば直径 $10\sim 20\text{ mm}$ ボールを用いたボールミルを例示することができるが、単一分散する手段であれば、これに限定されるものではない。

【0020】

本発明では、バインダであるアルミナ微粒子を単一分散させた良好なスラリーとすることが肝要となる。

【0021】

30

また、本発明では、焼成した際に、ムライトが均一に形成することが肝要であるので、例えば $0.5\text{ }\mu\text{m}$ に単一分散されたアルミナ微粒子の配合割合が多いほうが好ましい。

【0022】

ここで、アルミナ粒径は、 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.3\sim 0.6\text{ }\mu\text{m}$ の範囲とするのが良い。

これらの配合比率は以下の範囲とするのが好ましい。

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2=1.5$ （モル比）

【0023】

シリカゾルは、 $0.02\text{ }\mu\text{m}$ のシリカの均一分散物であり、アルミナスラリーに均一分散される。

40

【0024】

本発明では、所定粒径のアルミナ微粒子を均一分散物としているので、焼成工程でのシリカゾルとの反応性が良好となり、一般よりも低い温度（例えば $1,000^\circ\text{C}$ ）でのムライトの形成が可能となる。

【0025】

アルミナ微粒子単独で精密鑄造用鑄型スラリーとする場合には、アルミナ微粒子の値段が高いので、製造コストが高くなる。よって、本発明のように、アルミナ微粒子にシリカゾルを添加して、焼成の際に、ムライトとすることで、製造コストの低廉化を図ることができる。

【0026】

50

この単一分散されたアルミナ微粒子のスラリーに、シリカゾルを添加した混合スラリーに、フラワーとして、ジルコン粉（例えば350メッシュ）を添加して精密鑄造用鑄型スラリーを得る。

なお、本発明では、フラワーを添加しない場合も許容されうる。

【0027】

次に、精密鑄造用鑄型の製造方法を図1及び図2により説明する。

（第1成膜工程）

先ず、この第1成膜工程では、この粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以下の単一分散してなるアルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際ムライトとなる精密鑄造用鑄型スラリー（以下「スラリー」という）を用いて、ろう型30を浸漬させ、引き上げ、余分なスラリーを落下させる。その後、乾燥させることで、ろう型30表面に、スラリー膜（第1乾燥膜）を得る。

10

このスラリー膜が、図1において、ろう型30の表面と接するプライム層101Aとなる。

【0028】

（第2成膜工程）

次いで、このプライム層101Aを有するろう型30を、スラリーに浸漬させた後、引き上げ、余分なスラリーを落下させ、スラリー層（2層目）102を形成する。この濡れているスラリー層（2層目）102にスタック材としてジルコンスタック粒（平均粒径 0.8mm ）を振掛けて（スタックイングして）、スタック材を付着させたスタック層（1層目）103を形成する。このスラリー層102とスタック層（1層目）103との積層体を乾燥して、プライム層（第1乾燥膜）101の上に第1バックアップ層（第2乾燥膜）104-1を形成する。

20

【0029】

（成形体形成工程）

この第1バックアップ層104-1の第2成膜工程と同様の操作を複数回（例えば6～10回）繰り返し、スラリー層（ $n+1$ 層目）102とスタック層（ n 層目）103とが交互に積層された所定厚みの複層バックアップ層105Aを有する外側鑄型となる乾燥成形体106Aを得る。

【0030】

30

この乾燥成形体を例えば 150°C のオートクレーブに入れて、ろう型30を構成するワックスを融解し、排出させる。

その後、この型を $1,000^\circ\text{C}$ で熱処理し、スラリーがムライトを構成した精密鑄造用鑄型を得る。

【0031】

この得られた精密鑄造用鑄型は、後述する試験例に示すように、 1500°C の強度試験においても変形はなく、強度が高いものであった。これに対し、従来のシリカゾルを使用したものでは軟化の挙動が確認された。

【0032】

また、図2に示すように、プライム層101において、プライムスラリー層101aに、スタック材を付着させてプライムスタック層101bを形成し、その後乾燥して、プライム層101Bとするようにしても良い。

40

なお、このプライム層101Bのように、スタック材を付着させた場合には、複層バックアップ層105Bのスラリー層の積層回数と、スタック層103の積層回数とは共に同数（ n 層）からなる複層バックアップ層105Bを有する外側鑄型となる乾燥成形体106Bを得ることとなる。

【0033】

本発明では、フラワーとしてジルコン粉を用いたが、ジルコン粉以外に、アルミナ粉を用いると共に、スタック材としてジルコンスタック粒の代わりにアルミナスタック粒を用いても、同様な精密鑄造用鑄型を得ることができる。

50

なお、フラワーとスタッコ材との関係は、限定されるものではなく、フラワーとしてジルコン粉、アルミナ粉のいずれかを用いると共に、スタッコ材として、ジルコンスタッコ粒、アルミナスタッコ粒のいずれかを用いるようにすれば良い。

【0034】

このフラワーの粒径は、350メッシュとしているが、本発明ではこれに限定されず、例えば5～80 μm 程度の粒子、平均粒径としては、例えば50 μm 以下のものを使用することが好ましい。

【0035】

このスタッコ粒の粒径は、0.8mmとしているが、本発明ではこれに限定されず、例えば0.4mm～2mm位の粒子、平均粒径としては例えば0.5mm以上のものを使用することが好ましい。

【0036】

以下、本発明の精密鑄造用鑄型を用いた鑄造方法について説明する。

【0037】

図3は、鑄造方法の工程の一例を示すフローチャートである。以下、図3を用いて、鑄造方法について説明する。ここで、図3に示す処理は、全自動で実行しても良いし、オペレータが各工程を実行する装置を操作して実行しても良い。本実施形態の鑄造方法は、鑄型を作製する（ステップS1）。鑄型は、予め作製しておいても良いし、鑄造を実行する毎に作製しても良い。

【0038】

以下、図4から図10を用いて、ステップS1の工程で実行する本実施形態の鑄型製造方法について説明する。図4は、鑄型製造方法の工程の一例を示すフローチャートである。ここで、図4に示す処理は、全自動で実行しても良いし、オペレータが各工程を実行する装置を操作して実行しても良い。

【0039】

鑄型製造方法は、コア（中子）を作製する（ステップS12）。コアは、鑄型で作製する鑄物の内部の空洞に対応する形状である。つまり、コアは、鑄物の内部の空洞に対応する部分に配置されることで、鑄造時に鑄物となる金属が流れ込むことを抑制する。以下、図5を用いて、コアの製造工程について説明する。図5は、コアの製造工程を模式的に示す説明図である。鑄型製造方法は、図5に示すように金型12を準備する（ステップS101）。金型12は、コアに対応する領域が空洞となっている。コアの空洞となる部分が凸部12aとなる。なお、図5では、金型12の断面で示しているが、金型12は、空間に材料を注入する開口や空気を抜く穴以外は、基本的にコアに対応する領域の全周を覆う空洞となっている。鑄型鑄造方法は、矢印14に示すようにセラミックスラリー16を、金型12の空間に材料を注入する開口から金型12の内部に注入する。具体的には、セラミックスラリー16を金型12の内部に噴射する、いわゆる射出成形でコア18を作製する。鑄型製造方法は、金型12の内部にコア18を作製したら、金型12からコア18を取り外し、取り外したコア18を焼成炉20に設置し、焼成させる。これにより、セラミックで形成されたコア18を焼き固める（ステップS102）。鑄型鑄造方法は、以上のようにしてコア18を作製する。なお、コア18は、鑄物が固まった後に化学処理等の脱コア処理で取り除ける材料で形成される。

【0040】

鑄型製造方法は、コア18を作製したら、外部金型の作製を行う（ステップS14）。外部金型は、内周面が鑄物の外周面に対応した形状となる。金型は、金属で形成しても良いし、セラミックで形成しても良い。図6は、金型の一部を模式的に示す斜視図である。図6に示す金型22aは、内周面に形成された凹部が鑄物の外周面に対応している。なお、図6では、金型22aのみを示したが、金型22aに対応し、内周面に形成された凹部を塞ぐ向きに金型22aに対応する金型も作製する。鑄型製造方法は、2つの金型を合わせることで、内周面が鑄物の外周面に対応した型となる。

【0041】

鋳型製造方法は、外部金型を作製したら、ろう型（ワックス型）の作製を行う（ステップS16）。以下、図7を用いて説明する。図7は、ろう型の製造工程を模式的に示す説明図である。鋳型製造方法は、金型22aの所定位置にコア18を設置する（ステップS110）。その後、金型22aに対応する金型22bを、金型22aの凹部が形成されている面に被せ、コア18の周囲を金型22a、22bで囲み、コア18と金型22a、22bとの間に空間24を形成する。鋳型製造方法は、矢印26に示すように、空間24と連結された配管から空間24の内部に向けてWAX28の注入を開始する（ステップS112）。WAX28は、所定の温度以上に加熱されると溶けるような、融点が比較的低温の物質、例えばろうである。鋳型製造方法は、空間24の全域にWAX28を充填させる（ステップS113）。その後、WAX28を固化させることで、コア18の周囲をWAX28が囲んだろう型30を形成する。ろう型30は、基本的にWAX28で形成される部分が製造する目的の鋳物と同じ形状となる。その後、鋳物製造方法は、ろう型30を金型22a、22bから分離し、湯口32を取り付ける（ステップS114）。湯口32は、鋳造時に溶けた金属である溶湯が投入される口である。鋳型製造方法は、以上のようにして、内部にコア18を含み、鋳物と同一の形状のWAX28で形成されたろう型30を作製する。

【0042】

鋳型製造方法は、ろう型30を作製したら、スラリー塗布（ディッピング）を行う（ステップS18）。図8は、ろう型にスラリーを塗布する構成を模式的に示す説明図である。鋳型製造方法は、図8に示すように、スラリー40が貯留された貯留部41にろう型30を浸漬させ、取り出した後、乾燥を行う（ステップS19）。これにより、ろう型30の表面にプライム層101Aを形成することができる。

ここで、ステップS18で塗布するスラリーは、ろう型30に直接塗布されるスラリーである。このスラリー40は、アルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際ムライトとなる精密鋳造用鋳型スラリーを用いる。このスラリー40には、フラワーとして350メッシュ程度の耐火性の微粒子、例えばジルコニアを用いることが好ましい。また、分散剤としてポリカルボン酸塩を用いることが好ましい。また、スラリー40には、消泡剤（シリコン系の物質）や、濡れ性改善剤を微量、例えば0.01%添加することが好ましい。濡れ性改善剤を添加することで、スラリー40のろう型30への付着性を向上させることができる。

【0043】

鋳型製造方法は、図9に示すように、スラリー40でスラリー塗布を行って、乾燥しプライム層（第1乾燥膜）101A、101Bを有するろう型を、さらにスラリー塗布（ディッピング）を行う（ステップS20）。この濡れているスラリーの表面にスタッコ材54としてジルコニスタッコ粒（平均粒径0.8mm）を振掛けるスタッコイングを行う（ステップS21）。その後スラリー層の表面にスタッコ材が付着されたものを乾燥し、プライム層（第1乾燥膜）101A、101Bの上に第1バックアップ層（第2乾燥膜）104-1を形成した（ステップS22）。

この第1バックアップ層（第2乾燥膜）104-1の形成工程と同様の操作を複数回（例えばn：6～10回）繰り返す判断を行う（ステップS23）。所定回数（n）の第nバックアップ層104-nを積層させ（ステップS23：Yes）、複層バックアップ層105Aが形成された厚みが例えば10mmの外側鋳型となる乾燥成形体106Aを得る。

【0044】

鋳型製造方法は、プライム層101Aと複層バックアップ層105Aの複数層が形成された乾燥成形体106Aを得たら、当該乾燥成形体106Aに対して熱処理を行う（ステップS24）。具体的には、外側鋳型とコアとの間にあるWAXを除去し、さらに外側鋳型とコアとを焼成させる。以下、図10を用いて説明する。図10は、鋳型製造方法の一部工程を模式的に示す説明図である。鋳型製造方法は、ステップS130に示すように、プライム層101Aと複層バックアップ層105Aの複数層が形成された外側鋳型となる

乾燥成形体 106 をオートクレーブ 60 の内部に入れ、加熱する。オートクレーブ 60 は、内部を加圧蒸気で満たすことで、乾燥成形体 106 内のろう型 30 を加熱する。これにより、ろう型 30 を構成する WAX が溶け、溶融 WAX 62 が乾燥成形体 106 で囲まれた空間 64 から排出される。

鑄型製造方法は、溶けた WAX 62 を空間 64 から排出することで、ステップ S131 に示すように、外側鑄型となる乾燥成形体 106 と、コア 18 との間の WAX が充填されていた領域に空間 64 が形成された鑄型 72 が作製される。その後、鑄型製造方法は、ステップ S132 に示すように、外側鑄型となる乾燥成形体 106 とコア 18 との間に空間 64 が形成された鑄型 72 を、焼成炉 70 で加熱する。これにより、鑄型 72 は、外側鑄型となる乾燥成形体 106 に含まれる水成分や不要な成分が除去され、さらに、焼成されることで硬化され、外側鑄型 61 が形成される。鑄物製造方法は、以上のようにして鑄型 72 を作製する。

10

【0045】

図 3 と図 11 を用いて、鑄造方法の説明を続ける。図 11 は、鑄造方法の一部工程を模式的に示す説明図である。鑄造方法は、ステップ S1 で鑄型を作製したら、鑄型の予熱を行う（ステップ S2）。例えば、鑄型を炉（真空炉、焼成炉）内に配置し、800℃以上 900℃以下まで加熱する。予熱を行うことで、鑄物の製造時に鑄型に溶湯（溶けた金属）を注入した際に鑄型が損傷することを抑制することができる。

【0046】

鑄造方法は、鑄型を予熱したら、注湯を行う（ステップ S3）。つまり、図 11 のステップ S140 に示すように、溶湯 80、つまり溶解した鑄物の原料（例えば鋼）を鑄型 72 の開口から外側鑄型 61 とコア 18 との間に注入する。

20

【0047】

鑄造方法は、鑄型 72 に注いだ溶湯 80 を固化させたら、外側鑄型 61 を除去する（ステップ S4）。つまり、図 11 のステップ S141 に示すように、鑄型 72 の内部で溶湯が固まって鑄物 90 になったら、外側鑄型 61 を粉碎して破片 61a として、鑄物 90 から取り外す。

【0048】

鑄造方法は、外側鑄型 61 を鑄物 90 から除去したら、脱コア処理を行う（ステップ S5）。つまり、図 11 のステップ S142 に示すように、オートクレーブ 92 の内部に鑄物 90 を入れ、脱コア処理を行うことで、鑄物 90 の内部のコア 18 を溶解し、溶解した溶解コア 94 を鑄物 90 の内部から排出する。具体的にはオートクレーブ 92 の内部で鑄物 90 をアルカリ溶液に投入し、加圧、減圧を繰り返すことで、鑄物 90 から溶解コア 94 を排出する。

30

【0049】

鑄造方法は、脱コア処理を行ったら、仕上げ処理を行う（ステップ S6）。つまり、鑄物 90 の表面や内部に仕上げ処理を行う。また、鑄造方法では、仕上げ処理と共に鑄物の検品を行う。これにより、図 11 のステップ S143 に示すように、鑄物 100 を製造することができる。

【0050】

本実施形態の鑄造方法は、以上のように、WAX（ワックス）を用いたロストワックス鑄造法を用いて鑄型を作製し、鑄物を作製する。ここで、本実施形態の鑄型製造方法、鑄造方法及び鑄型は、鑄型の外側の部分である外側鑄型を、スラリーとしてジルコニア超微粒子を用いて内周面となるプライム層（初層である第 1 乾燥膜）101A を形成し、このプライム層 101A の外部に複数層のバックアップ層 105A を形成しての多層構造としている。

40

なお、前述したように、プライム層として、スタッコ材を添加したスラリー層 101a とスタッコ層 101b とからなるプライム層 101B としてもよい（図 2 参照）。

【0051】

（実施例 1）

50

以下、実施例を用いて、本実施形態の鋳型製造方法及び鋳造方法について説明する。なお、以下の実施例では、外側鋳型が形成される前のろう型を幅30mm、厚さ8mm、長さ300mmの部材とし、このろう型にスラリー層からなるプライム層（第1乾燥膜）、スラリーとスタック材による複層のバックアップ層を形成して鋳型を作製した。

【0052】

高純度超微粒のアルミナ（ Al_2O_3 、比表面積 $10\text{ m}^2/\text{g}$ 、粒径約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ ）のスラリーを、分散剤としてポリカルボン酸アンモニウムを用い、ボールミルを用いて24時間混練してスラリー化した。得られたアルミナスラリーの固形分濃度は30wt%である。

このアルミナスラリーでは、分散処理の結果、アルミナ粒子は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ に単一分散されていることが確認された。

また、シリカゾル（ SiO_2 、粒径 $0.02\text{ }\mu\text{m}$ 、固形分濃度30%）を準備した。

焼成の際、ムライト（ $3\text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{ SiO}_2$ ）の配合になるように、アルミナスラリー：シリカゾル＝306：120（ $3\text{ Al}_2\text{O}_3$ の分子量は $3 \times 102 = 306$ 、 2 SiO_2 の分子量は $2 \times 60 = 120$ ）になるように配合したスラリーをあらかじめ調合した。

このとき、混合しても沈殿の発生は認められなかった。

この配合スラリーに、フラワーとして350メッシュのジルコン粉を添加して、精密鋳造用鋳型スラリーとした。

また、同時に、消泡剤としてシリコン系のものを0.01%、濡れ性改善剤を0.01%添加して、使用スラリーとした。

【0053】

幅30mm、厚さ8mm、長さ300mmのワックス体を準備し、得られたスラリーにワックス体を浸漬し、引き上げてワックス表面に使用スラリーを付着させた後、余分な使用スラリーを落下させ、乾燥することによりワックス体の表面にスラリーのプライム層（第1乾燥膜）を得た。

【0054】

次に、第2乾燥膜を得るため、プライム層を有するワックス体をスラリーに浸漬した後、引き上げ余分な使用スラリーを落下させた。

濡れているスラリーに、平均粒系 0.8 mm のジルコンスタック粒を付着させた後乾燥し、第2乾燥膜（第1バックアップ層）を形成した。

【0055】

この第2乾燥膜（第1バックアップ層）の形成と同等の操作を6回繰り返して複層のバックアップ層を有する、厚み約 10 mm の成形体を得た。

この得られた乾燥成形体を 150°C のオートクレーブに入れて、ワックスを融解し、排出した。

次いで、この型を 1000°C で熱処理し、実施例1の鋳型を得た。

【0056】

[比較例]

比較のため、従来と同様のシリカゾル（粒径 20 nm 程度の球状シリカ粒子が分散された液）を使用したスラリーを用い、実施例と同様の操作を行い比較例の鋳型も同時に試作した。

【0057】

[試験]

得られた実施例1の鋳型及び比較例の鋳型から、 $10\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm の強度試験片を加工し、高温強度試験を実施した。

1500°C の強度試験では、従来のシリカゾルを使用したものでは軟化の挙動が確認された。

また、その結果、比較例の試験片の切断は明瞭でなく、曲がってしまった。

これに対し、本実施例のムライト（ $3\text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{ SiO}_2$ ）となる配合のスラリー（スタック材としてジルコン粒）を使用した試験片は変形もなく、 100 MPa での破断で

10

20

30

40

50

あった。

ここで、強度試験は、J I S R 1 6 0 1 による「セラミックスの曲げ強さ（1 9 8 1）」に準拠しておこなった。

【0 0 5 8】

本試験結果より、バインダを、焼成の際、耐熱性が高いムライト（融点 1, 8 8 5 °C）となるスラリーとし、スタック材をジルコン粒（融点 2, 7 1 5 °C）とすることで、従来のシリカゾル使用に対して耐熱温度が向上し、一方向凝固翼製造における高温（1 5 5 0 °C）で長時間保持した場合でも変形が生じない鑄型が得ることができた。

【0 0 5 9】

（実施例 2）

実施例 1 において、フラワーとして、ジルコン粉の代わりに、3 5 0 メッシュのアルミナ粉を添加して、精密鑄造用鑄型スラリーとした。

また、スタック材として、平均粒径 0. 8 mm のアルミナスタック粒を用いた以外は、実施例 1 と同様に操作して、実施例 2 の鑄型を得た。

【0 0 6 0】

〔試験〕

得られた実施例 2 の鑄型及び比較例の鑄型から、1 0 mm × 5 0 mm、厚さ 5 mm の強度試験片を加工し、実施例 1 と同様の高温強度試験を実施した。

本実施例のムライトとなるスラリー（スタック材としてアルミナ粒）を使用した試験片は変形もなく、1 0 0 M P a での破断であった。

【0 0 6 1】

本試験結果より、バインダを、焼成の際、耐熱性が高いムライト（融点 1, 8 8 5 °C）となるスラリーとし、スタック材をアルミナ粒（融点 2, 0 7 0 °C）とすることで、従来のシリカゾル使用に対して耐熱温度が向上し、一方向凝固翼製造における高温（1 5 5 0 °C）長時間保持でも変形が生じない鑄型が得られることができた。

【0 0 6 2】

以上より、バインダを、粒径 1. 0 μ m 以下の単一分散してなるアルミナ超微粒子とシリカゾルとからなり、焼成の際、耐熱性の高いムライトとなる精密鑄造用鑄型スラリーをスラリーとし、ジルコン粉またはアルミナ粉のスタック材とすることで、従来のシリカゾルを使用した場合よりも、得られた鑄型の耐熱温度が向上し、一方向凝固翼製造における高温（1, 5 5 0 °C）で長時間保持した場合でも変形が生じない鑄型が得ることができた。

【符号の説明】

【0 0 6 3】

1 2、2 2 a、2 2 b 金型

1 2 a 凸部

1 4、2 6 矢印

1 6 セラミックスラリー

1 8 コア（中子）

2 0、7 0 焼成炉

2 4、6 4 空間

2 8 W A X（ろう）

3 0 ろう型

3 2 湯口

4 0 スラリー

6 0、9 2 オートクレーブ

6 1 外側鑄型

6 1 a 破片

6 2 溶融 W A X

7 2 鑄型

10

20

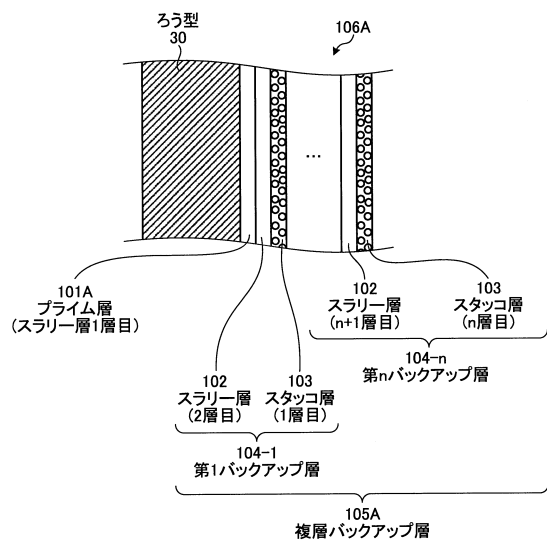
30

40

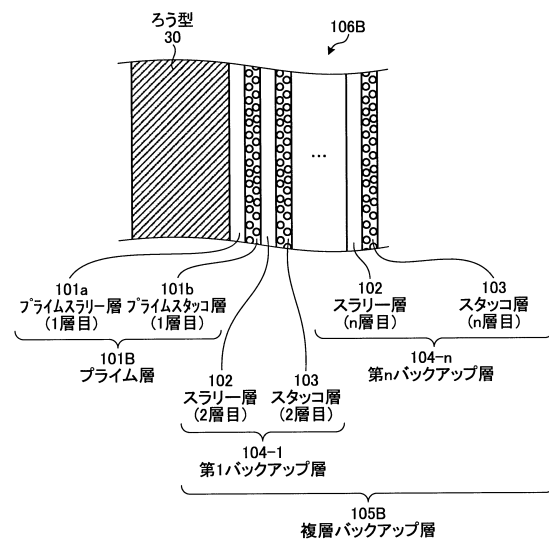
50

- 80 溶湯
 90、100 鋳物
 94 溶解コア
 101A、101B プライム層
 102 スラリー層
 103 スタッコ層
 104-1 第1バックアップ層
 104-n 第nバックアップ層
 105A、105B 複層バックアップ層

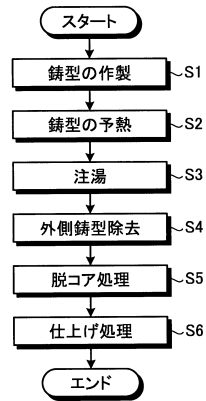
【図1】



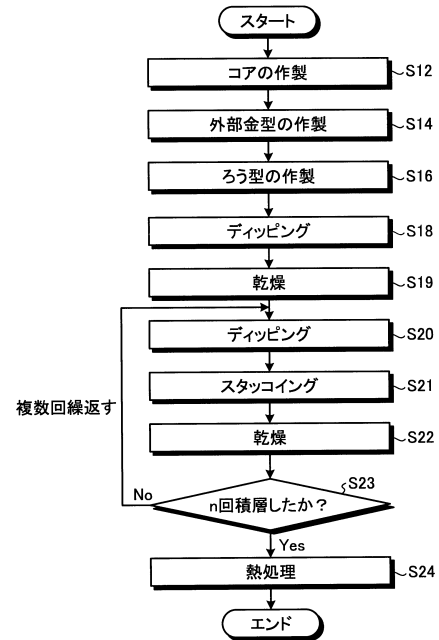
【図2】



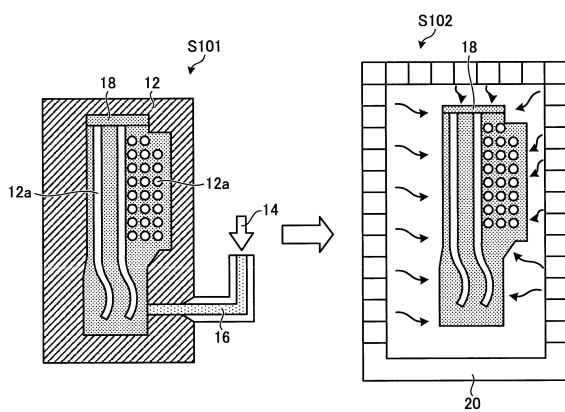
【図 3】



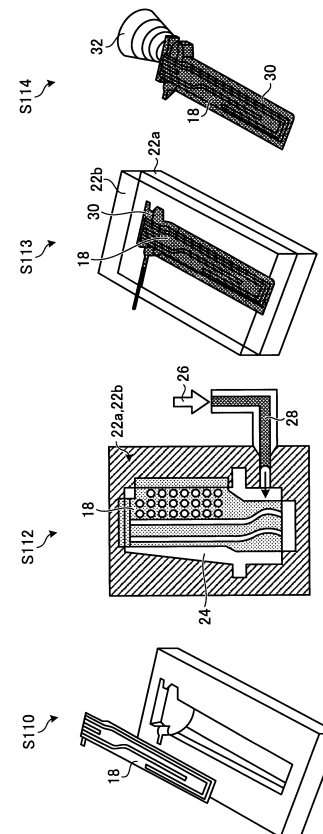
【図 4】



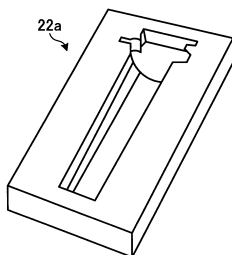
【図 5】



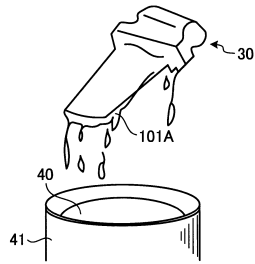
【図 7】



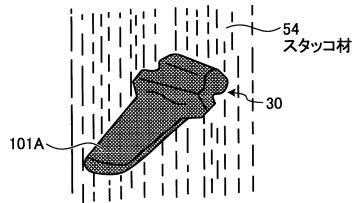
【図 6】



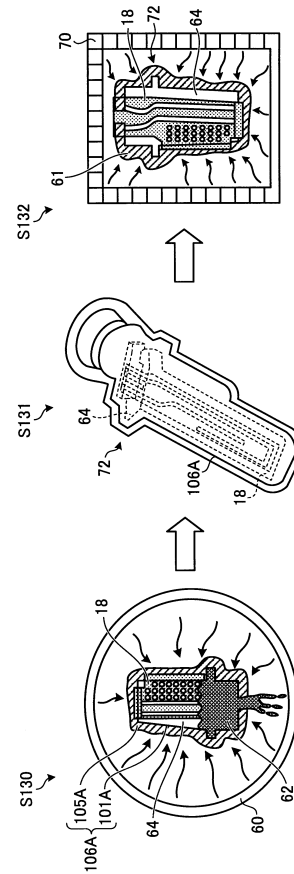
【図 8】



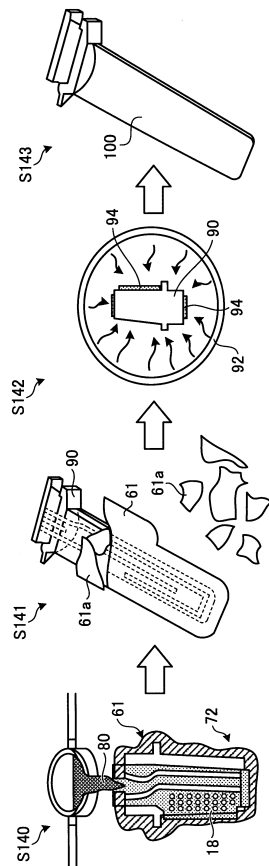
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 岡田 郁生
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 下畠 幸郎
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 藤長 千香子

- (56)参考文献 特開平07-116773 (JP, A)
特開2010-240653 (JP, A)
特開2008-155284 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B22C 5/00-9/30