

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年4月17日(17.04.2014)



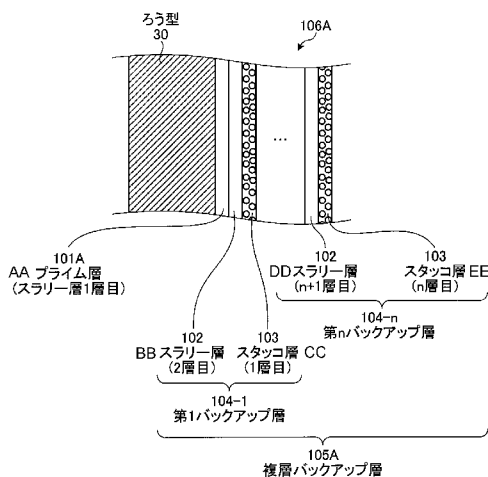
(10) 国際公開番号
WO 2014/057915 A1

- (51) 国際特許分類:
B22C 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/077277
- (22) 国際出願日: 2013年10月7日(07.10.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-224613 2012年10月9日(09.10.2012) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小熊 英隆(OGUMA, Hidetaka); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 森 一剛(MORI, Kazutaka); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 岡田 郁生(OKADA, Ikuo); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 下畠 幸郎(SHIMOHATA, Sachio); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外(SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MOLD FOR PRECISION CASTING, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 精密鋳造用鋳型及びその製造方法



- 30 Wax model
104-1 First back-up layer
104-n nth back-up layer
105A Multi-layered back-up layer
AA Prime layer (first layer of slurry layer)
BB Slurry layer (second layer)
CC Stucco layer (first layer)
DD Slurry layer (n+1th layer)
EE Stucco layer (nth layer)

(57) Abstract: A mold for precision casting which is used to produce a casting, the mold having a core which has a shape corresponding to the hollow section in the interior of the casting, and an outer mold which has a shape corresponding to the outer circumferential surface of the casting, wherein the outer mold comprises: a prime layer (101A) which is formed on the inner circumferential surface from a slurry film obtained by drying a mold slurry for precision casting comprising monodispersed zirconia superfine particles having a diameter of 1.0 μm or less; and a multi-layered back-up layer (105A) formed on the outside of the prime layer (101A) by forming multiple back-up layers (104) obtained by forming and drying slurry layers (102) formed from the mold slurry for precision casting, and stucco layers (103) obtained by attaching a stucco material on the slurry layers (102).

(57) 要約: 鋳物の製造に用いる精密鋳造用鋳型であって、前記鋳物の内部の空洞部分に対応する形状のコアと、前記鋳物の外周面の形状に対応する外側鋳型と、を有し、前記外側鋳型は、内周面に形成され、粒径1.0 μm 以下の単一分散してなるジルコニア超微粒子からなる精密鋳造用鋳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(101A)と、前記プライム層(101A)の外側に形成され、前記精密鋳造用鋳型スラリーからなるスラリー層(102)と、該スラリー層(102)にスタック材を付着したスタック層(103)とにより形成し、乾燥してなるバックアップ層(104)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。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：精密鑄造用鑄型及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、精密鑄造用鑄型及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 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、初層スタッコ（フラワー）を付着させ、乾燥させる。その後、スラリーの塗布、スタッコの付着、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、スタッコ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。

例えばシリカゾルは粒径20nm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（スタッコ）（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なっている。

先行技術文献

特許文献

[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）を用いた鋳型で十分であるが、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、溶融金属を保持する。この結果、高温（例えば 1 5 5 0℃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、鋳型の変形を生じてしまう、という問題がある。
- [0006] ここで、一方向凝固翼製造などでは、鋳型を真空中のヒーター内に設置し、溶融金属の融点以上の温度に加熱保持して、鋳型中に溶融金属を注入し、鋳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、溶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 1 5 5 0℃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鋳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、例えば一方向凝固翼製造等における高温で長時間保持した場合でも変形が生じない精密鋳造用鋳型及びそ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、鋳物の製造に用いる精密鋳造用鋳型であって、前記鋳物の内部の空洞部分に対応する形状のコアと、前記鋳物の外周面の形状に対応する外側鋳型と、を有し、前記外側鋳型は、内周面に形成され、粒径 1 . 0 μ m 以下の単一分散してなるジルコニア超微粒子からなる精密鋳造用鋳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と、前記プライム層の外側に形成され、前記精密鋳造用鋳型スラリーからなるスラリー層と、該スラリー層にスタッコ材を付着したスタッコ層とにより形成し、乾燥してなるバックアップ層を、複数回形成

してなる複層バックアップ層と、からなることを特徴とする精密鑄造用鑄型にある。

[0010] 第2の発明は、第1の発明において、前記精密鑄造用鑄型スラリーに平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以下のジルコン粉、アルミナ粉をいずれか一方を含み、前記スタッコ材が、平均粒径が 0.5mm 以上のジルコンスタッコ粒、アルミナスタッコ粒のいずれか一方であることを特徴とする精密鑄造用鑄型にある。

[0011] 第3の発明は、第1又は2の発明において、前記プライム層が、精密鑄造用鑄型スラリーからなるスラリー層に、スタッコ材を付着したスタッコ層を有することを特徴とする精密鑄造用鑄型にある。

[0012] 第4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、粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以下の単一分散してなるジルコニア超微粒子から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、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。

[0013] 第5の発明は、第4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鑄造用鑄型の製造方法にある。

[0014] 第6の発明は、第4又は5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。

発明の効果

[0015] 本発明は、耐熱性が高いジルコニア超微粒子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、例えば一方向凝固翼製造等における高温（例えば1550℃）で長時間に亘って保持した場合でも変形が抑制される鋳型が得られる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]図1は、外側鋳型となる乾燥成形体の構成図である。
- [図2]図2は、外側鋳型となる他の乾燥成形体の構成図である。
- [図3]図3は、ジルコニア微粒子の粒度分布を示す図である。
- [図4]図4は、ジルコニア微粒子の粒度分布を示す図である。
- [図5]図5は、鋳造方法の工程の一例を示すフローチャートである。
- [図6]図6は、鋳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7]図7は、コアの製造工程を模式的に示す説明図である。
- [図8]図8は、金型の一部を模式的に示す斜視図である。
- [図9]図9は、ろう型の製造工程を模式的に示す説明図である。
- [図10]図10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11]図11は、外側鋳型の製造工程を模式的に示す説明図である。
- [図12]図12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。
- [図13]図13は、鋳造方法の一部工程を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0017] 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。

[0018] 図1は、外側鋳型となる乾燥成形体の構成図である。図2は、外側鋳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、精密鋳造用鋳型は、鋳物の製造に用いる精密鋳造用鋳

型であって、前記鋳物の内部の空洞部分に対応する形状のコアと、前記鋳物の外周面の形状に対応する外側鋳型と、を有し、前記外側鋳型は、内周面に形成され、粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以下（好適には $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ ：実施例に記載）の単一分散してなるジルコニア超微粒子からなる精密鋳造用鋳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、前記精密鋳造用鋳型スラリーからなるスラリー層102と、該スラリー層102にスタッコ材を付着したスタッコ層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。

[0019] 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ジルコニア微粒子（ジルコニア超微粒子）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。

ジルコニア微粒子としては、イットリア安定化ジルコニア（YSZ）を用いることができる。

ここで、単一分散されているとは、例えば粒径が約 $0.3\mu\text{m}$ のジルコニア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、 $0.5\mu\text{m}$ に単一分散されている状態をいう。

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

[0020] 本発明では、ジルコニア微粒子が $1.0\mu\text{m}$ 以下が好ましいのは、 $1.0\mu\text{m}$ 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。

[0021] この単一分散されたジルコニア微粒子のバインダに、フラワーとして、ジルコン粉（例えば350メッシュ）を添加して精密鋳造用鋳型スラリーを得る。

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。

[0022] 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。

[0023] また、分散手段としては、例えば直径10～20mm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。

[0024] 本発明では、バインダであるジルコニア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。

図3、図4は、ジルコニア微粒子の粒度分布を示す図である。

単一分散としては、粒径分布が狭いことが必要となり、平均粒径が0.3 μm の場合、図3に示すように、中心粒径 ($d : 0.3 \mu\text{m}$) から、 $0.8d (0.24) \sim 1.07d (0.32)$ の範囲に分布がおさまるような分散となっているのが好ましい。

[0025] また、平均粒径が0.6 μm の場合、図4に示すように、中心粒径 ($d : 0.6 \mu\text{m}$) から、 $0.8d (0.48) \sim 1.2d (0.72)$ の範囲に分布がおさまるような分散となっているのが好ましい。

[0026] ここで、粒度分布の計測は、下記装置によった。

株式会社アイシンナノテクノロジーズ製、「CILAS 850B型」のレーザー散乱・回折式粒度分布測定装置を用いた。

[0027] 次に、精密鋳造用鋳型の製造方法を図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、このジルコニア超微粒子からなる精密鋳造用鋳型スラリー（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。

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にスタッコ材と

してジルコンスタッコ粒（平均粒径0.8mm）を振掛けて（スタッコイングして）、スタッコ材を付着させたスタッコ層（1層目）103を形成する。このスラリー層102とスタッコ層（1層目）103との積層体を乾燥して、プライム層（第1乾燥膜）101Aの上に第1バックアップ層（第2乾燥膜）104-1を形成する。

[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とスタッコ層（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を有する外側鋳型となる乾燥成形体106Aを得る。

[0030] この乾燥成形体を例えば150℃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℃で熱処理し、精密鋳造用鋳型を得る。

[0031] この得られた精密鋳造用鋳型は、後述する試験例に示すように、1500℃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、プライム層において、プライムスラリー層101aに、スタッコ材を付着させてプライムスタッコ層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。

なお、このプライム層101Bのように、スタッコ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、スタッコ層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を有する外側鋳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、スタッコ材としてジルコンスタッコ粒の代わりにアルミナスタッコ粒を用いても、同様な精密鋳造用鋳型を得ることができる。

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 μ m程度の粒子、平均粒径としては、例えば50 μ m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5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5を用いて、鑄造方法について説明する。ここで、図5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6から図12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6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6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7を用いて、コアの製造工程について説明する。図7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7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7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。鋳型鋳造方法は、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。鋳型製造方法は、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）。鋳型鋳造方法は、以上のようにしてコア 18 を作製する。なお、コア 18 は、鋳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] 鋳型製造方法は、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、内周面が鋳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 8 は、金型の一部を模式的に示す斜視図である。図 8 に示す金型 22a は、内周面に形成された凹部が鋳物の外周面に対応している。なお、図 8 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。鋳型製造方法は、2つの金型を合わせることで、内周面が鋳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 9 を用いて説明する。図 9 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10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10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、ジルコニア超微粒子が単一分散されたスラリーを用いる。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10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）。図11に示すように、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の外側鑄型となる乾燥成形体106Aを得る。

[0044] 鑄型製造方法は、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、外側鑄型とコアとの間にあるWAXを除去し、さらに外側鑄型とコアとを焼成させる。以下、図12を用いて説明する。図12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。鑄型製造方法は、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鑄型となる乾燥成形体106A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106A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、熔融WAX62が乾燥成形体106A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WAX62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106A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106A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106A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。

- [0045] 図5と図13を用いて、鑄造方法の説明を続ける。図13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13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。
- [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13のステップS141に示すように、鑄型72の内部で溶湯80が固まって鑄物90となったら、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13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。
- [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13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。

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）

以下、実施例を用いて、本実施形態の鑄型製造方法及び鑄造方法について説明する。なお、以下の実施例では、外側鑄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）、スラリーとスタッコ材による複層のバックアップ層を形成して鑄型を作製した。

[0052] 高純度超微粒のジルコニア（比表面積 $10\text{ m}^2/\text{g}$ 、粒径約 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ ）のスラリーを、分散剤としてポリカルボン酸塩を用い、ボールミルを用いて24時間混練してスラリー化し、ジルコニアスラリーを得た。得られたジルコニアスラリーの固形分濃度は50wt%である。

このジルコニアスラリーでは、分散処理の結果ジルコニア粒子は $0.3\text{ }\mu\text{m}$ に単一分散されていることが確認された。

このジルコニアスラリーに、フラワーとして350メッシュのジルコン粉を添加して、精密鑄造用鑄型スラリーとした。

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使用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0.8mmのジルコスタッコ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10mmの成形体を得た。

この得られた乾燥成形体を150℃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℃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20nm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、10mm×50mm、厚さ5mmの強度試験片を加工し、高温強度試験を実施した。

1500℃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、本実施例のジルコニアスラリー（スタッコ材としてジルコン粒）を使用した試験片は変形もなく、100MPaでの破断であった。

ここで、強度試験は、JIS R 1601による「セラミックスの曲げ強さ（1981）」に準拠しておこなった。

[0058] 本試験結果より、バインダを、耐熱性が高い超微粒子ジルコニア（融点2,715℃）のスラリーとし、スタッコ材をジルコン粒（融点2,715℃）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（1,550℃）で長時間保持した場合でも変形が生じない鋳型が得ることができた。

[0059] （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、350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、スタッコ材として、平均粒径0.8mmのアルミナスタッコ粒を用いた以外は、実施例 1 と同様に操作して、実施例 2 の鑄型を得た。

[0060] [試験]

得られた実施例 2 の鑄型及び比較例の鑄型から、10mm×50mm、厚さ5mm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。

本実施例のジルコニアスラリー（スタッコ材としてアルミナ粒）を使用した試験片は変形もなく、100MPaでの破断であった。

[0061] 本試験結果より、バインダを、耐熱性が高い超微粒子ジルコニア（融点2,715℃）のスラリーとし、スタッコ材をアルミナ粒（融点2,070℃）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（1,550℃）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。

[0062] 以上より、バインダを、耐熱性が高いジルコニア超微粒子スラリーの単一分散物をスラリーとし、ジルコン粉またはアルミナ粉のスタッコ材とすることで、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（1,550℃）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

[0063] 12、22a、22b 金型

12a 凸部

14、26 矢印

16 セラミックスラリー

18 コア（中子）

20、70 焼成炉

24、64 空間

- 28 WAX (ろう)
- 30 ろう型
- 32 湯口
- 40 スラリー
- 60、92 オートクレーブ
- 61 外側鋳型
- 61a 破片
- 62 熔融WAX
- 72 鋳型
- 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

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であって、
前記鋳物の内部の空洞部分に対応する形状のコアと、
前記鋳物の外周面の形状に対応する外側鋳型と、を有し、
前記外側鋳型は、内周面に形成され、粒径 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下の単一分散してなるジルコニア超微粒子からなる精密鋳造用鋳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と、
前記プライム層の外側に形成され、前記精密鋳造用鋳型スラリーからなるスラリー層と、該スラリー層にスタッコ材を付着したスタッコ層とにより形成し、乾燥してなるバックアップ層を、複数回形成してなる複層バックアップ層と、からなることを特徴とする精密鋳造用鋳型。

[請求項2]

請求項1において、
前記精密鋳造用鋳型スラリーに平均粒径が $50\ \mu\text{m}$ 以下のジルコン粉、アルミナ粉をいずれか一方を含み、
前記スタッコ材が、平均粒径が $0.5\ \text{mm}$ 以上のジルコンスタッコ粒、アルミナスタッコ粒のいずれか一方であることを特徴とする精密鋳造用鋳型。

[請求項3]

請求項1又は2において、
前記プライム層が、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たスタッコ層を有することを特徴とする精密鋳造用鋳型。

[請求項4]

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、粒径 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下の単一分散してなるジルコニア超微粒子から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。

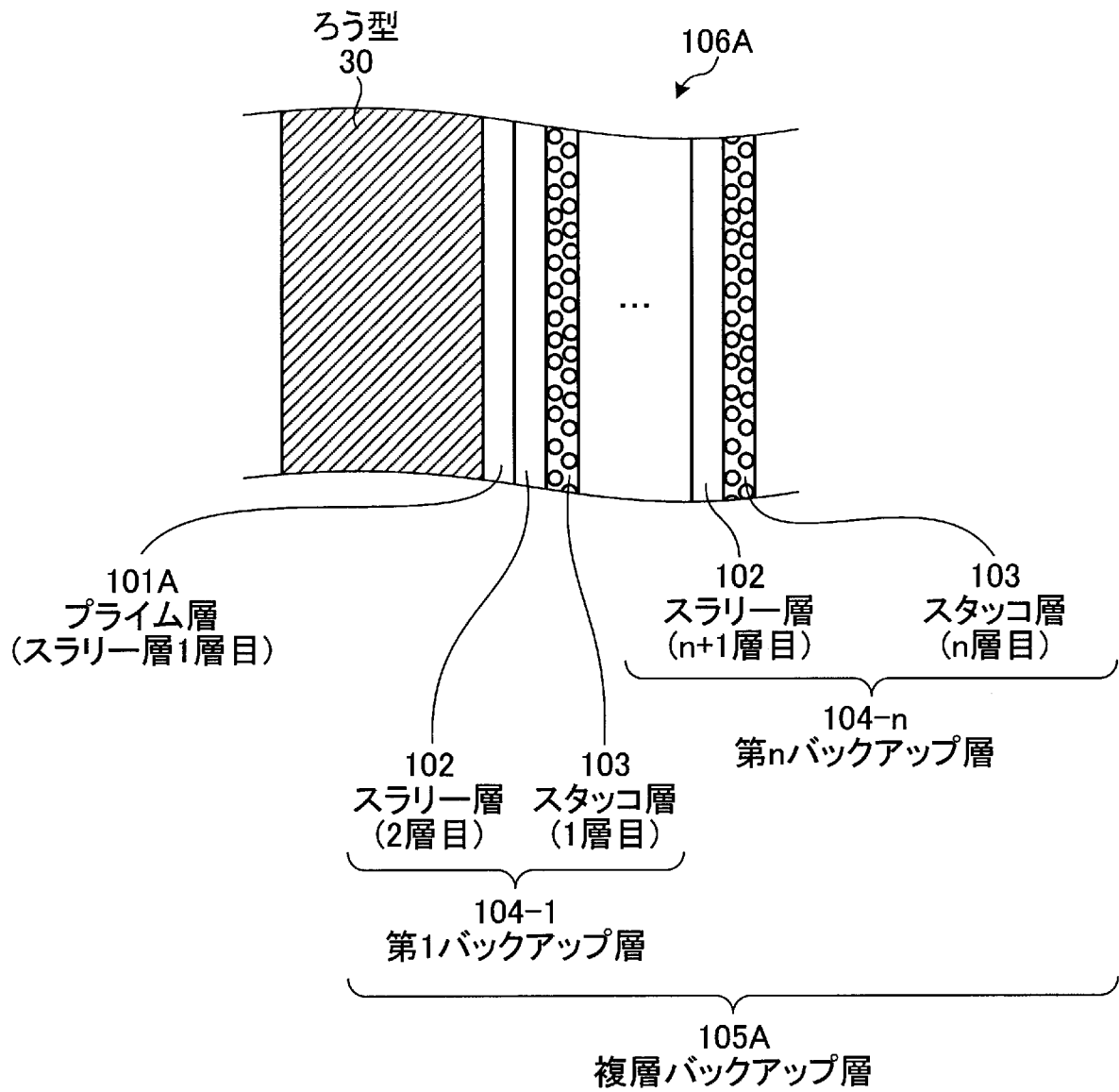
[請求項5] 請求項4において、

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。

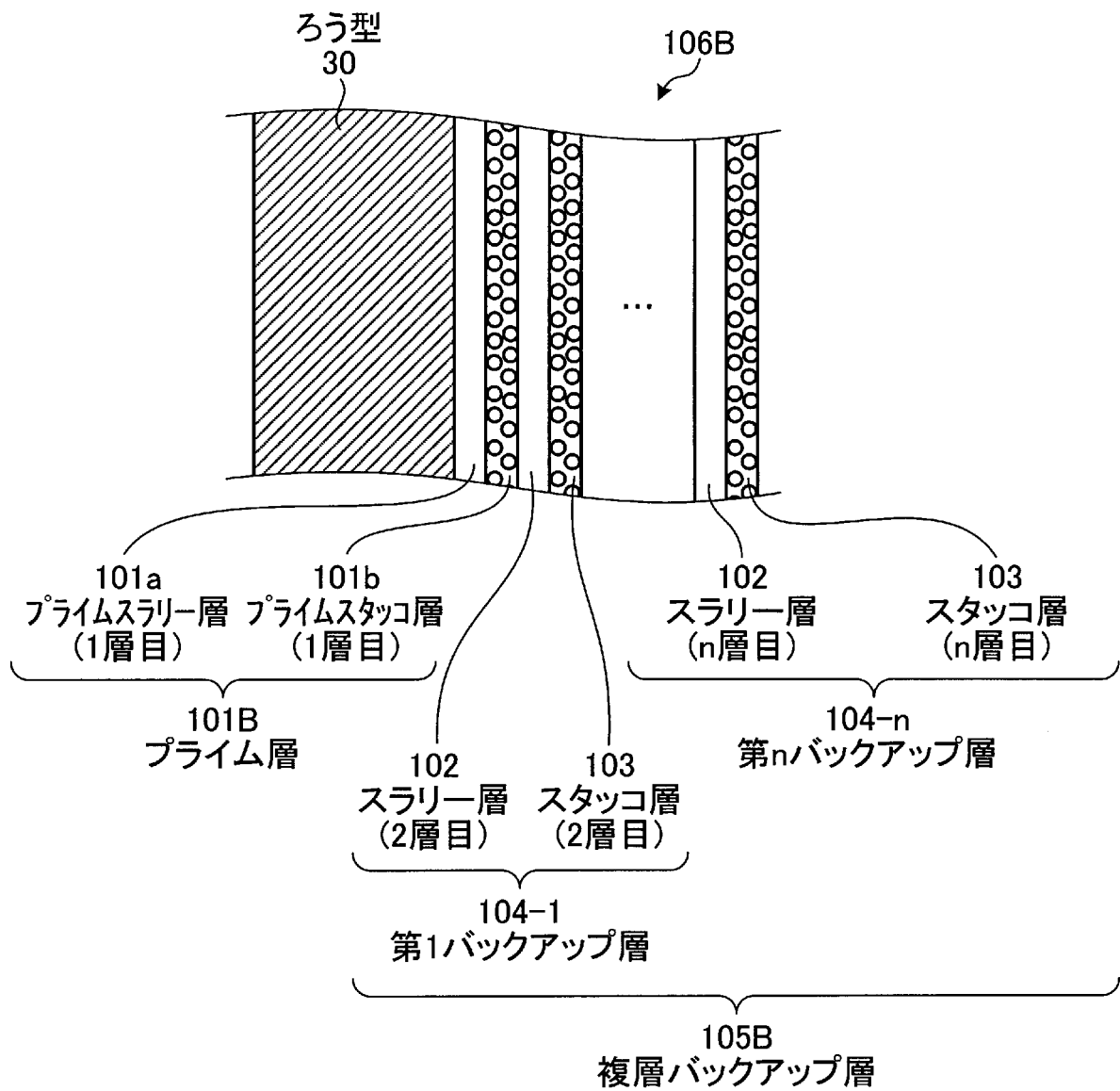
[請求項6] 請求項4又は5において、

前記精密鋳造用鋳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鋳造用鋳型の製造方法。

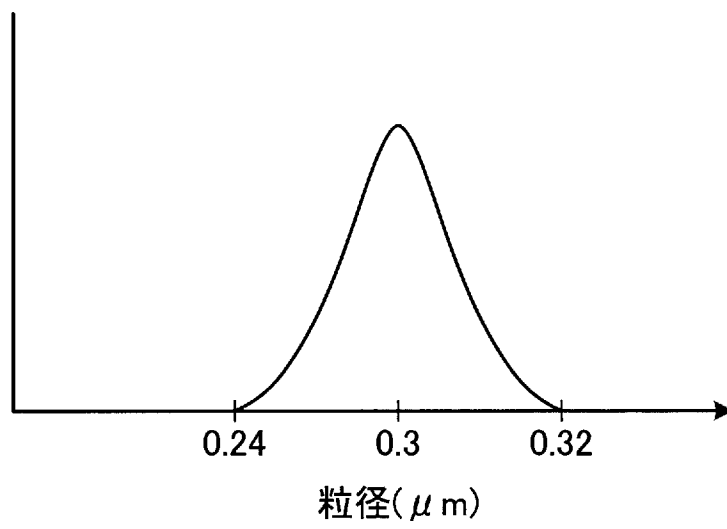
[図1]



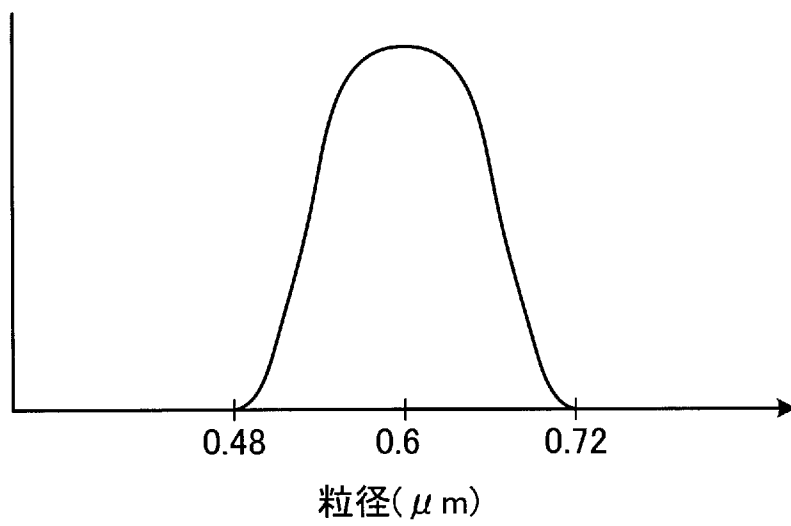
[図2]



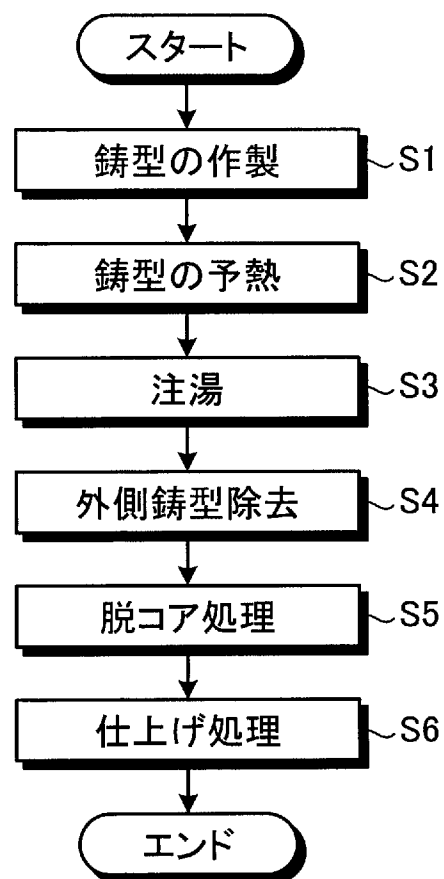
[図3]



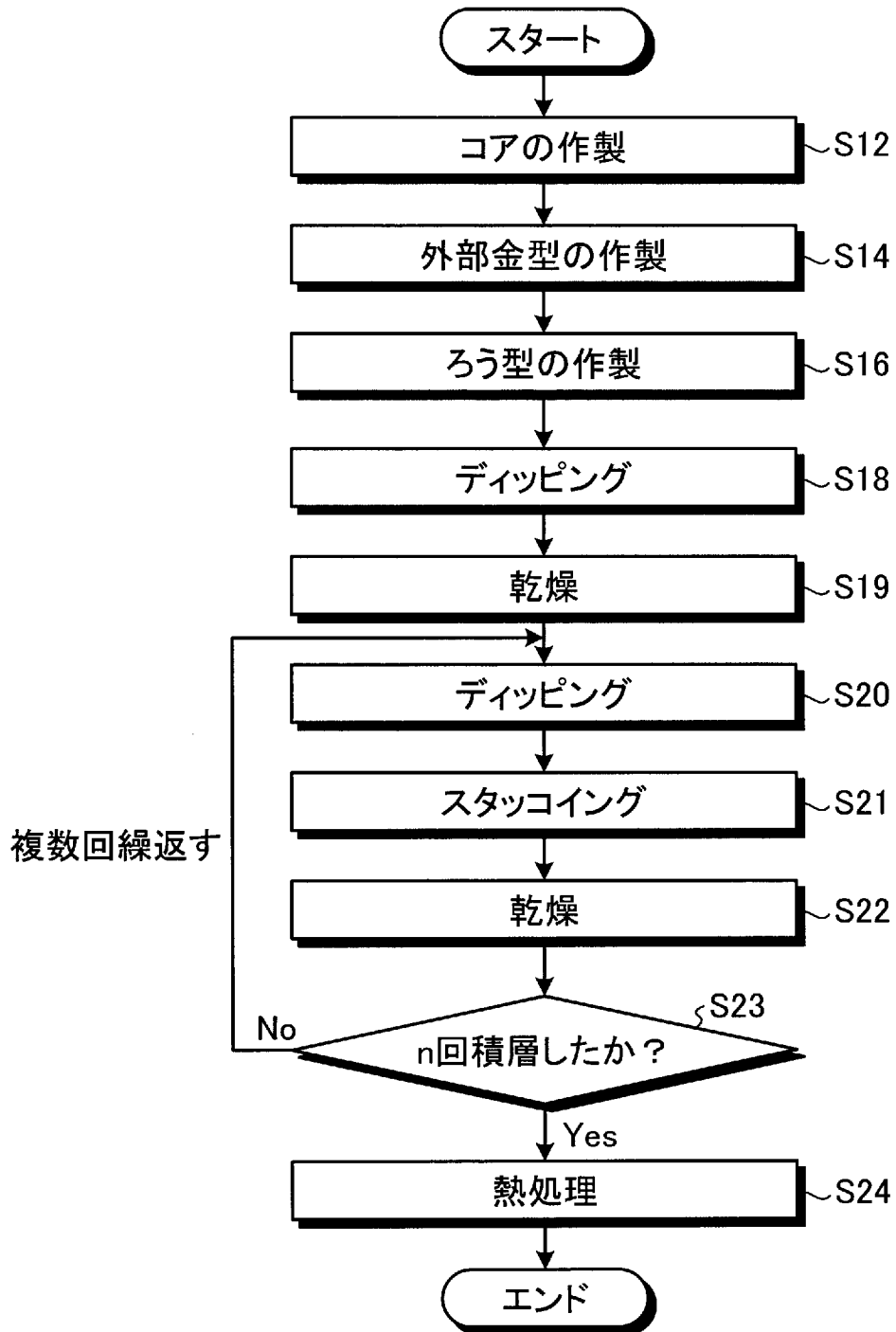
[図4]



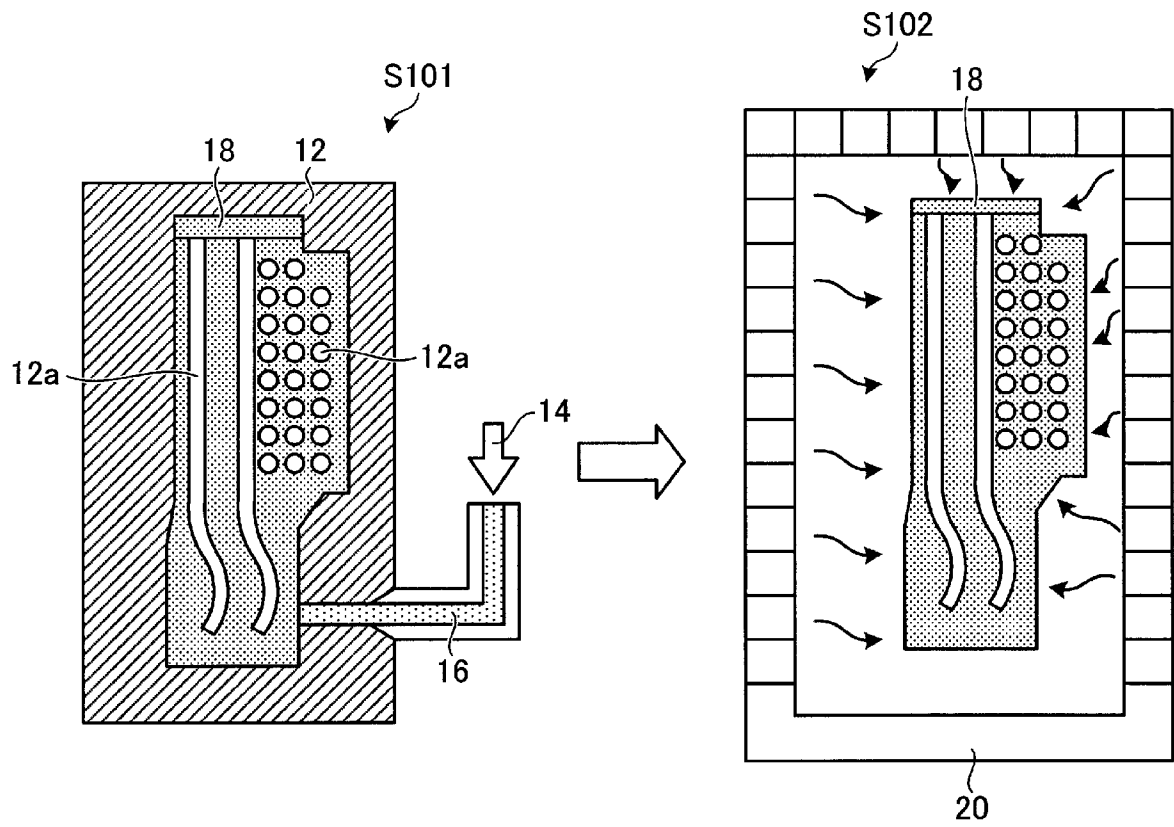
[図5]



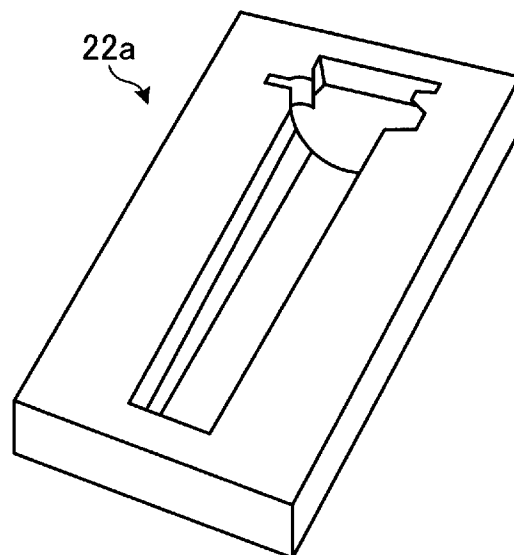
[図6]



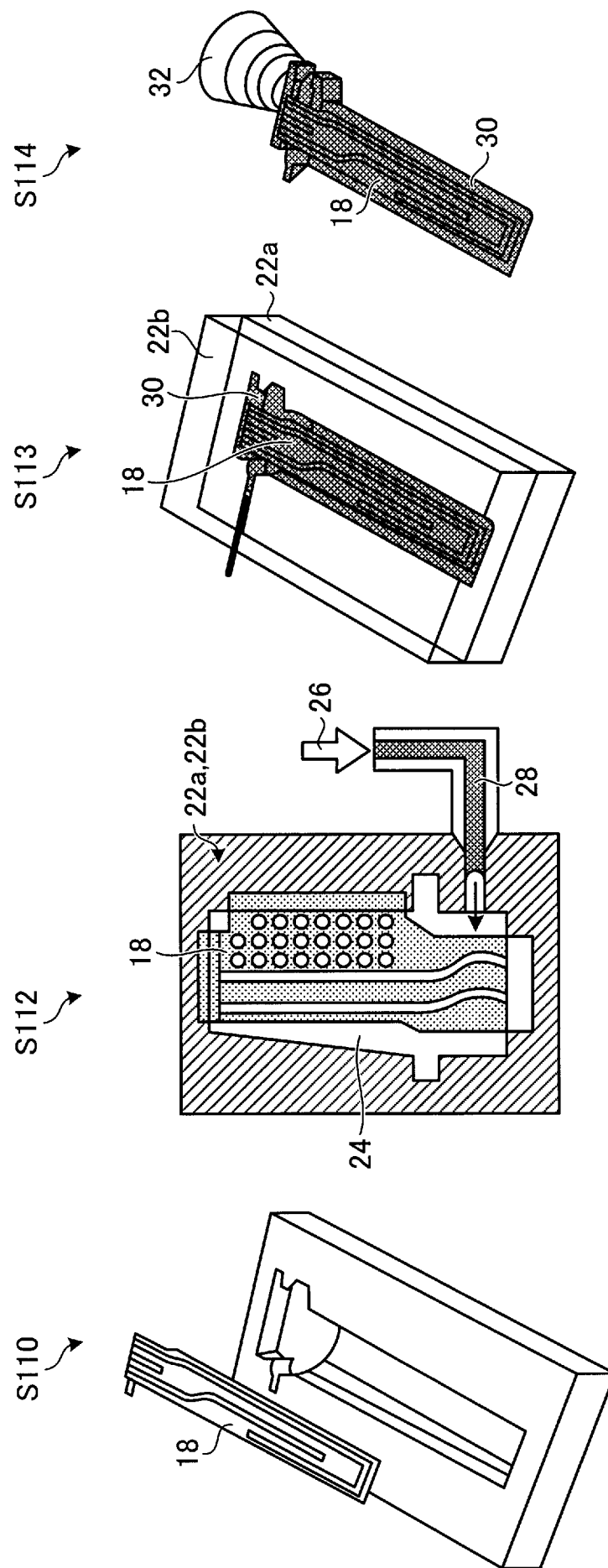
[図7]



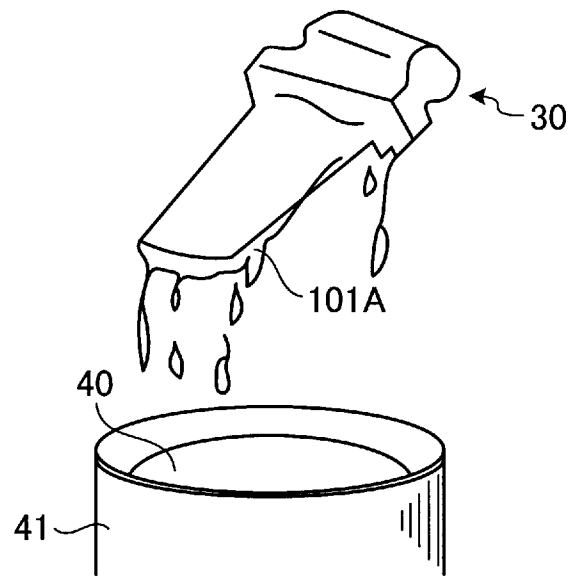
[図8]



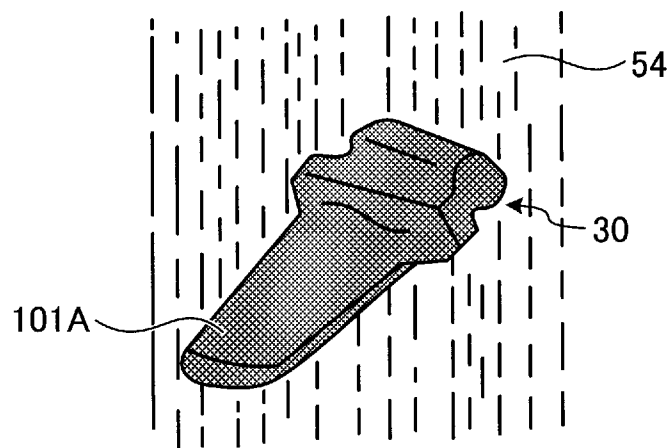
[図9]



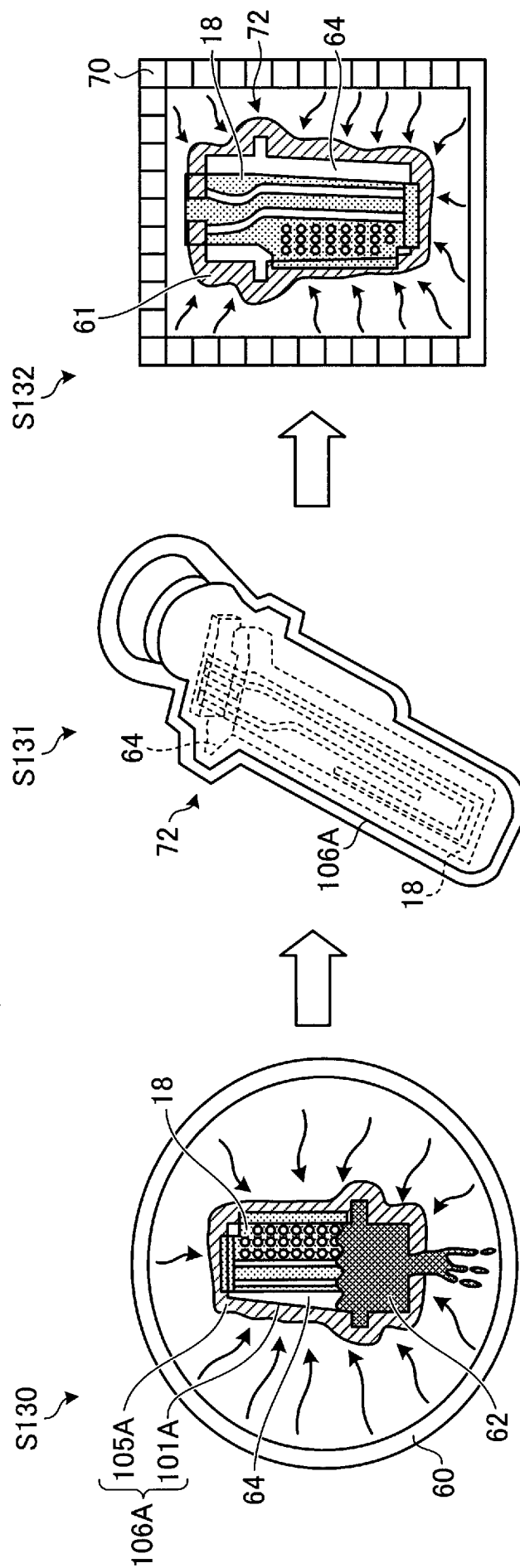
[図10]



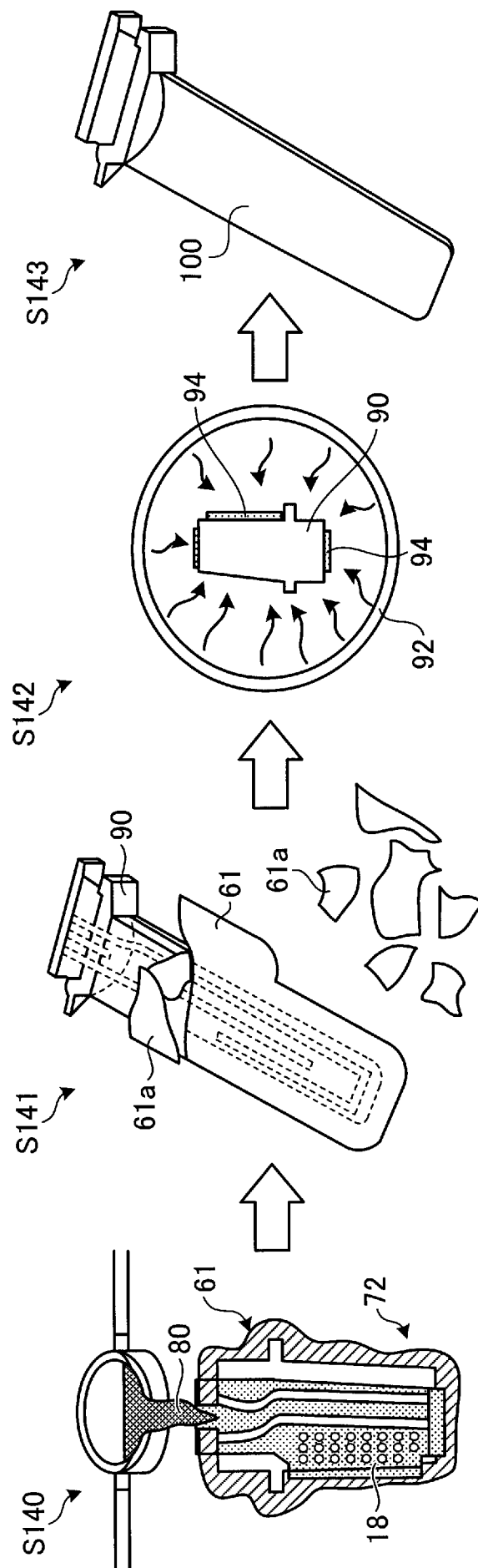
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/077277

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22C9/04(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22C9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2007/000927 A1 (Nissan Chemical Industries, Ltd.), 04 January 2007 (04.01.2007), entire text & JP 4831365 B & US 2009/0032994 A1 & EP 1920857 A1 & CN 101213037 A & KR 10-2008-0018962 A	4, 5 1-3, 6
Y	JP 2010-240653 A (United Technologies Corp.), 28 October 2010 (28.10.2010), paragraphs [0023] to [0024]; fig. 4 to 6 & US 2010/0014102 A1 & EP 2000232 A1	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 October, 2013 (28.10.13)

Date of mailing of the international search report
05 November, 2013 (05.11.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/077277

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-155284 A (General Electric Co.), 10 July 2008 (10.07.2008), paragraphs [0079] to [0080] & US 2008/0135721 A1 & EP 1930095 A2 & DE 602007003176 D & CA 2612051 A1	6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B22C9/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B22C9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 2007/000927 A1（日産化学工業株式会社）2007.01.04, 文献全体 & JP 4831365 B & US 2009/0032994 A1 & EP 1920857 A1 & CN 101213037 A & KR 10-2008-0018962 A	4, 5 1-3, 6
Y	JP 2010-240653 A（ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイシ ョン）2010.10.28, 【0023】－【0024】、図4－図6 & US 2010/0014102 A1 & EP 2000232 A1	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 8 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 5 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川村 健一

4 E

9 6 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-155284 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ) 2008.07.10, 【0079】－【0080】 & US 2008/0135721 A1 & EP 1930095 A2 & DE 602007003176 D & CA 2612051 A1	6