

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4948698号
(P4948698)

(45) 発行日 平成24年6月6日 (2012. 6. 6)

(24) 登録日 平成24年3月16日 (2012. 3. 16)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 2 C 9/04 (2006. 01)

B 2 2 C 9/22 (2006. 01)

B 2 2 C 9/04 E

B 2 2 C 9/04 F

B 2 2 C 9/22 A

請求項の数 8 外国語出願 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-329810 (P2000-329810)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成12年10月30日 (2000. 10. 30)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2001-286980 (P2001-286980A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデイ、リバーロード、1 番
(43) 公開日	平成13年10月16日 (2001. 10. 16)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成19年10月29日 (2007. 10. 29)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	09/542737	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成12年4月5日 (2000. 4. 5)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
前置審査			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	フレデリック・ジョセフ・クラッグ
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデイ、アン・ドライブ、2 番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 補強セラミックシェル鑄型及び関連プロセス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の形状を有する鑄造用セラミックシェル鑄型であって、
(a) 当該シェル鑄型の全厚を規定する、セラミック被覆材とセラミックスタッコとの交互反復積層、及び
(b) 上記被覆材とスタッコとの交互反復積層中の中間の厚さの位置に配置されたセラミック系補強シートであって、該セラミック系補強シートとセラミック被覆材の交互反復積層中の隣接層との接着性を高めるパターンの穴を有する一体モノリシック体からなり、シェル鑄型の形状に適合してシェル鑄型を構造的に補強するセラミック系補強シートを含んでなる、シェル鑄型。

【請求項 2】

前記セラミック系補強シートがアルミナ系化合物、アルミン酸塩系化合物及びそれらの混合物の 1 以上からなる、請求項 1 記載のシェル鑄型。

【請求項 3】

前記セラミック系補強シートが、セラミック系補強シートの存在しないシェル鑄型自体の引張強さを上回る引張強さを有する、請求項 1 又は請求項 2 記載のシェル鑄型。

【請求項 4】

前記セラミック系補強シートが交互反復積層の 2 ～ 6 層に相当する中間の厚さの位置に配置されている、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載のシェル鑄型。

【請求項 5】

鑄造用セラミックシェル鑄型の製造方法であって、当該方法が、

(Ⅰ) インベストメント鑄造法による造形途中の部分シェル鑄型のセラミック層表面に、セラミック系一体モノリシック補強シートであって、該補強シートと上記部分シェル鑄型との接着性を高めるパターンの穴を有しているとともに、シェル鑄型の形状に適合してシェル鑄型を構造的に補強するセラミック系一体モノリシック補強シートを設ける段階、

(ⅠⅠ) 補強シート上に追加セラミック層を設けてシェル鑄型を完成する段階、及び

(ⅠⅠⅠ) シェル鑄型を高温下で焼成する段階

を含んでなる方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の方法であって、さらに、

(i) セラミック材料のスラリーを調製する段階、

(i i) 当該シェル鑄型で鑄造すべき金属の所定形状を有するワックス模型にセラミックスラリーの層を付着させる段階、

(i i i) セラミックスラリー層の上にセラミック系スタッコ凝集物の層を付着させる段階、

(i v) 所定の中間の厚さを有する部分シェル鑄型を得るのに必要な回数だけ段階 (i i) 及び (i i i) を繰り返す段階、

(v) 部分シェル鑄型の外面に実質的に適合する一体モノリシック体からなる補強シートであって、該補強シートとセラミックスラリー層及びスタッコ凝集物層のうちの隣接層との接着性を高めるパターンの穴を有する補強シートを付着させる段階、

(v i) 補強シート上で段階 (i i) 及び (i i i) を繰り返して、完全なシェル鑄型の所望の厚さとなるまで部分シェル鑄型に堆積させる段階、及び

(v i i) ワックスを除去し、シェル鑄型を焼成して所望のレベルの引張強さを与える段階

を含んでなる方法。

【請求項 7】

前記補強シートがアルミナ系化合物、アルミン酸塩系化合物及びそれらの混合物の 1 以上からなる、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

前記シートを部分シェル鑄型の表面に付着させる前に、所望のシート密度を得るための時間及び温度スケジュールに従って該シートを焼成する、請求項 6 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

本願は、1997 年 10 月 6 日出願の米国特許出願第 08 / 944778 号の部分継続出願であり、その開示内容はすべて本明細書の内容の一部をなす。

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は金属の鑄造に関する。さらに具体的には、本発明は金属部品の鑄造に用いられるシェル鑄型の製造に関する。

【0002】

【従来の技術】

セラミックシェル鑄型は、金属のインベストメント鑄造で熔融状態の金属を収容して成形するのに使用される。金属部品が正確な寸法をもつようにするため、シェル鑄型の強度及び完全性は極めて重要な因子である。こうしたシェル鑄型特性は、航空機及び発電業で使用する超合金部品のような高性能部品の製造では特に重要である。

【0003】

例えば約 1500 ~ 1750 もの極めて高い鑄造温度が用いられることもある。従来のシェル鑄型の多くはかかる温度では十分な強度を呈さない。これらの鑄型は溶湯を満たしたとき膨れや割れを起こし易くなる。膨れは、また、非常に大形の部品を鑄造する場合には低温でも起こり得る。膨れは鑄型の寸法を変化させ、鑄造品に不都合なバラツキをもた

10

20

30

40

50

らしかねない。割れは溶湯が流れ出して鑄型の破壊につながることもある。

【 0 0 0 4 】

極めて高い鑄造温度で使用するシェル鑄型及び非常に大形の部品の鑄造に使用されるシェル鑄型には、一段と高い強度が必要とされる。かかる課題は、J. L a n e 他 米国特許第 4 9 9 8 5 8 1 号で扱われている。その開示によれば、シェル鑄型を製造する際に鑄型の周囲を繊維状補強材で包むことによってシェル鑄型が強化される。好ましい実施形態では、補強材は所定の最低引張強さを有するアルミナ系又はムライト系セラミック組成物であると記載されている。補強材を所定位置に保つのに十分な張力を加えながら補強材をシェル鑄型の回りにらせん状に巻付け、所望の厚さとなるまでシェル鑄型にセラミック層を付着させる。

10

【 0 0 0 5 】

米国特許第 4 9 9 8 5 8 1 号は、上記課題の部分的な解決手段を与えるものと思料される。しかし、この米国特許に開示された発明の実施にはかなりの短所が認められる。例えば、ムライト系材料は、含シリカ又は含アルミナ化合物を第 2 相混入物として用いなければ製造は困難である。こうした混入物は鑄型の物理的性質を低下させかねない。さらに、米国特許第 4 9 9 8 5 8 1 号で用いられる補強材の多くは鑄型よりも格段に小さい熱膨張率を有する。こうした大きな熱膨張率の差のため、割れのない鑄型の製造は一段と困難になる。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

20

そこで、シェル鑄型の性質をさらに改善すれば当技術分野で歓迎されるはずである。シェル鑄型は高い金属鑄造温度に耐える強度を有するとともに大形部品の鑄造に適したものであるべきである。シェル鑄型は、また、高温並びに様々な加熱 / 冷却サイクル全体を通して寸法安定であるべきである。さらに、補強材の使用でシェル鑄型を改良するときは、特に複雑な金属部品を鑄造するときのシェル鑄型の形状条件を満たすために、補強材は焼成前に十分な柔軟性を有するべきである。最後に、改良シェル鑄型の製造は、追加設備をさほど必要とせずに経済的に実施できるべきである。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、一つの態様では、所定の形状を有する鑄造用セラミックシェル鑄型を提供する。当該シェル鑄型は、当該シェル鑄型の全厚を規定する、セラミック被覆材とセラミックスタッコとの交互反復積層、及び上記被覆材とスタッコとの交互反復積層中の中間の厚さの位置に配置されたセラミック系補強シートを含んでなる。上記セラミック系補強シートは、該セラミック系補強シートとセラミック被覆材の交互反復積層中の隣接層との接着性を高めるパターンの穴を有する一体モノリシック体からなる。上記セラミック系補強シートは、シェル鑄型の形状に適合してシェル鑄型を構造的に補強する。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の別の態様では、鑄造用セラミックシェル鑄型の製造方法が提供される。当該方法は、インベストメント鑄造法による造形途中の部分シェル鑄型のセラミック層表面に補強層を設ける段階、補強層上に追加セラミック層を設けてシェル鑄型を完成する段階であって、該補強層が該補強層と隣接セラミック層表面及び隣接追加セラミック層との接着性を高めるパターンの穴を有する段階、及びシェル鑄型を高温下で焼成する段階を含んでなる。

40

【 0 0 0 9 】

【発明の実施の形態】

一般に、インベストメント鑄造法用のセラミックシェル鑄型に関する技術は当技術分野で公知である。有益な参考書には、Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Edition, Vol.7, p.798以下 ; J.R. Walker 著 , Modern Metalworking, The Goodheart-Willox Co., 1965 ; T.C. Du Mond 著 , Shell Molding and Shell Mold Castings, Reinhold Publishing Corp., 1954 ; J.S. Campbell, Jr. 著 , Casting and Forming Processes

50

s in Manufacturing, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1950があり、それらの開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。シェル鑄型は、普通、耐火性酸化物粒子をシリカ又はリン酸塩ゲルで結合したものからなる。様々な特許文献にも、従来のシェルモールドینگプロセスの様々な態様が記載されている。その例として、米国特許第4998581号(Lane他)、同第4097292号(Huseby他)、同第4086311号(Huseby他)、同第4031945号(Gigliotti, Jr.他)、同第4026344号(Greskovich)、同第3972367号(Gigliotti, Jr.他)及び同第3955616号(Gigliotti, Jr.他)があり、それらの開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。

【0010】

本発明のためのインベストメント鑄造技術の一つは「ロストワックス法」である。この技術の一例では、ワックス模型(すなわち、鑄造すべき部品のレプリカ)を、シリカ又はリン酸塩含有バインダー中の耐火性酸化物粒子の液体スラリーに繰り返し浸漬する。普通、スラリーは高濃度(例えば40体積%以上)のセラミック固形分を含んでいて、残部は水、有機溶剤又はそれらの混合物である。浸漬作業と次の浸漬作業の間には、スラリーコートがワックス上で部分的又は完全に乾燥するのに十分な時間が置かれる。ワックス上に十分な厚さのセラミックが堆積したら、後で述べるような各種技術によってワックスを除去する。次いで、完成したシェル鑄型を焼成して、鑄造プロセスに耐える十分な強度を与える。

【0011】

本発明のある実施形態では、まずワックス模型をスラリーに浸漬し、過剰の材料は模型から流出させる。模型を乾燥させる前に、それに追加セラミック材料(セラミック酸化物など)を「まぶす(レイニング(raining)という。))」。この堆積作業は標準的な流動層チャンバーで実施されることが多く、付着層は「セラミックスタック」と呼ばれることもある。模型のディッピングとセラミック材料のレイニングは、所望の厚さになるまで繰り返される。その他の段階(例えば、ワックス除去及び焼成)は従来通りである。

【0012】

前述の通り、本発明の一つの態様では、セラミックシェル鑄型の構成する層の中間の厚さの位置に配置されたセラミック系補強シートを用いる。シートはシェル鑄型の形状に適合し、多大な構造的補強をもたらす。補強シートの形成には、多種多様なセラミック材料(又は材料混合物)を使用し得る。その多くが、上記で引用した1以上の特許文献に、例えばシェル鑄型自体の形成に用いられる材料として記載されている。非限定的な例には、酸化アルミニウム(アルミナ)、酸化イットリウム、酸化マグネシウム、酸化ランタン、ムライトやカイヤナイトやシリマナイトのようなケイ酸アルミニウム、並びにアルミン酸イットリウムやアルミン酸マグネシウムのような各種アルミン酸塩がある。(上記の文脈で用いた「酸化物」という用語は概してこれらの材料のあらゆる可能な酸化物を包含する。)。各種のセラミック材料の混合物又は組合せも補強シートに使用でき、例えば、希土類酸化物(酸化ランタンなど)、酸化イットリウム、酸化アルミニウム及び酸化マグネシウムの任意の組合せをベースとした二相混合物がある。補強層材料はアルミナ、アルミン酸イットリウム又はそれらの混合物の1以上を含む。

【0013】

補強シートはシェル鑄型への付着前は柔軟である。こうした柔軟性によって補強シートをシェル鑄型の形状にぴったりと適合した形状に容易に曲げることができるようになる。上記可撓性セラミックシートの具体的な製造方法は、本発明には重要でない。ある実施形態では、「テープキャスト」技術とも呼ばれる「ドクターブレード」技術が有用である。このタイプの方法では、適当なセラミック粉末又は粉末混合物をまずバインダー及び水性又は有機溶媒と混合してスラリー状のプールを得る。好適なバインダーは当技術分野で公知であり、例としてアクリル樹脂及びポリビニルブチラルのようなビニル系材料などがある。ビニル系材料及びアクリル樹脂には、適度の柔軟性を与えるため可塑剤を配合してもよい。ブレードをプールの表面に沿って移動させて、厚さの制御されたスラリーからなる薄膜を生じさせる。揮発分を加熱などによって蒸発させれば、薄くて柔軟な未硬

10

20

30

40

50

化つまり未焼成のセラミックシートが残るが、このシートは例えばドクターブレード技術やテープキャスト技術で作られるような一体モノリシック体からなる。テープキャスト技術は様々な参考文献に記載されている。その非限定的な例として、米国特許第4898631号、同第4839121号及び同第5405571号がある。当業者に公知の代替法で補強シートを製造してもよい。例えば、ロール圧縮成形技術を使用し得る。

【0014】

補強シートの表面には、シート本体を貫通する所定のパターンの穴が設けられる。穴はシートの押抜きで作ることができる。穴が存在すると、補強シートと隣接シェル鑄型層との接着性を高める。穴の寸法は種々変更し得る。穴は、シート全体の強度を損なうほど大きくすべきではないし、シェル層の付着時にセラミックスラリーが穴に流入するのを妨げるほど小さくすべきでもない。通常、穴の直径は約5～約25mmの範囲内にある。適当であればどんな技術を用いて穴を形成してもよく、例として手動パンチ、ドリル、レーザ穿孔などがある。穴はシート焼成後に形成することもできるが、好ましくは焼成前のシートに形成する。

【0015】

補強シートは、焼成前は、シェル鑄型の形状と実質的に同じ形状に曲げることができる。上述したセラミック材料でできたグリーン（未焼成）シートを曲げるのは、特に限定されないがマンドレル及び（曲率や様々な曲げ角を測定するための）付属工具などを用いれば、極めて容易である。

【0016】

次いで、補強シートを、特に限定されないが炉などの使用を始めとする慣用法で焼成する。焼成時には、所望形状が確実に得られるように、所望の形状の焼成用支持体を用いる。焼成は普通約1500以上の温度で約5分間以上、大抵は約30～約60分間行われる。焼成後の補強シートはその理論密度の約90%以上（例えば、その理論密度の約99%以上）の密度を有する。

【0017】

時として、補強シートをまずその理論密度の約80%以上の密度に予備焼成するのが望ましいこともある。次いで、シェル鑄型全体を焼成する際に、補強シートを上記に規定した密度にまで最終焼成する。このような代替焼成法を用いれば、シェル鑄型製造業者はシートとシェル鑄型自体との収縮率の差を埋め合わせることができる。

【0018】

補強シートの厚さは、鑄型に必要とされる補強の程度（それ自体、鑄型を用いる鑄造の種類に応じて異なる）など、数多くの因子に依存する。肉厚約0.50～約2.50cmの典型的なシェル鑄型については、補強シートは約0.1～約1.5mm（例えば約0.5～約1mm）の厚さ（焼成後）を有する。約1.5mmを超える厚さのシートは製造が困難又は不可能となりかねず、0.1mm未満の厚さのシートは鑄型の適度な補強に必要とされる強度をもたないことがある。

【0019】

上述の通り、焼成後の補強シートの引張強さはシェル鑄型自体（つまり、補強材の存在しないシェル鑄型）の引張強さよりも大きい。さらに、補強シートの組成は、それを挿入するシェル鑄型の熱膨張率よりも熱膨張率の小さい材料だけに限定されない。例えば、アルミナそのものから製造したシートの熱膨張率は一般にシェル鑄型の熱膨張率と等しいかそれを上回る。

【0020】

前述の通り、本発明は特定のインベストメント鑄造技術の使用に限定されない。ある実施形態では、「ロストワックス」プロセスを行う。シェル鑄型の製造に用いられるセラミック材料は、補強シートの製造に関して述べたものと同種又は同一である。アルミナ系材料、アルミン酸塩系材料（アルミン酸イットリウムなど）又はこれらの任意の混合物が好ましいことが多い。セラミック材料とシリカやコロイダルシリカのような適当なバインダー

10

20

30

40

50

からスラリーを調製する。スラリーは、湿潤剤、消泡剤その他適当な添加剤を含んでいてもよく、その幾つかは上記で引用したGreskovichの米国特許第4026344号に記載されている。当業者であれば、この種のスラリーを調製する際に注意を要する通常のパラメータに精通しているはずである。かかるパラメータの例には、混合速度と粘度、さらには混合物及び周囲環境の温度と湿度がある。

【0021】

シェル鑄型の製造は、普通、ワックス模型にスラリーの層を付着させてから、市販の溶融アルミナなどからできたスタック凝集物の層をスラリー層に付着させ、次いで以上のプロセスを数回繰り返すことによって行われる。適当なスラリーコートについて乾燥後の（かつスタックの組成を無視した）典型的な化学組成には、約80～約100重量%のアルミナ系材料と約10～約0重量%のバインダーが含まれる。ジルコニウムのような他の成分が存在することもある。

10

【0022】

積層を繰り返す回数がシェル鑄型の所望の厚さに依存することはいうまでもない。シェル鑄型には、普通、セラミックスラリー層/スタック凝集物層の対が合計4～約20対用いられる。大抵は、約4～約10対の層を付着させる。スラリー層とスタック凝集物層とを逐次付着させるある時点で、層の付着をいったん止めて、後で述べるように部分シェル鑄型に補強材シートを組み込む。

【0023】

さらに具体的に例示すると、米国特許第4026344号に教示されているように、タービンブレードのような金属部品のワックス模型をスラリーに浸漬し、取出して余分な液を切る。次いで、スラリーコートしたワックス模型の湿表面に流動層中のスタック凝集物をまぶして風乾する。このプロセスを、交互に連続して並んだセラミックスラリー層とスタック凝集物層とが所望の厚さになるまで必要な回数繰り返す。

20

【0024】

普通、セラミックスラリー層/スタック凝集物層の最初の対（及び場合によっては第2の対）の中のセラミック粒子は、後続の層の中の粒子よりも粒度が小さい。例えば、最初の対の層におけるセラミック粒子の平均粒度は好ましくは約100ミクロン未満であるが、後続の層における平均粒度は約100～約800ミクロンとし得る。後続の層の粒度を大きくすると、シェル鑄型の厚さを速やかに増すことができる。大きな粒度は、シェル鑄型の収縮率の制御にも用いられる。

30

【0025】

シェル鑄型が完成したら、ワックスを適当な慣用技術で除去する。例えば、約950～約1150の温度で運転されるガス燃焼炉にシェル鑄型を入れて約1～2時間加熱することによってフラッシュ脱口ウを行うことができる。かかる鑄型は焼成できる状態にある。

【0026】

所定の中間の厚さの位置で、部分的に形成されたシェル鑄型にセラミック系補強シートを組み込む。鑄型中でのシートの正確な「深さ」は、シート厚、鑄型層の組成及び鑄型の形状など、様々な因子に依存する。シートの位置を種々変更して鑄型の関連物性を評価することで、シートの適切な位置を求めることができる。シートは、シェル鑄型の比較的中心近く（例えば、シェル鑄型の肉厚の中心から25%以内の距離）に配置できる。ただし、その距離は大幅に変化し得る。大半の実施形態では、補強シートは、セラミックスラリー層/スタック凝集物層の組を約2～約6回（例えば、約3～約5回）繰り返した後に組み込まれる。

40

【0027】

補強シートの面を、部分シェル鑄型の最外層の実質的に平行な面に付着させる。普通、後続のセラミックスラリー層/スタック凝集物層を付着させる際にシートを所定位置に保つような若干の接着力が自然と存在する。ただし、シートを所定位置に保つため、接着剤その他の付着手段を用いてもよい。鑄型材料に悪影響を与えない成分又はシェル鑄型焼成時に完全に揮発する成分を含むものであれば、どんな種類の接着剤を使用してもよい。補強

50

シートの挿入後、適当な鋳型厚が得られるまで、後続のセラミックスラリ層 / スタック凝集物層の堆積を上記と同様に続ける。通常、焼成後の鋳型は約 0.50 ~ 約 2.50 cm (例えば、約 0.50 ~ 約 1.25 cm) の肉厚を有する。

【0028】

本発明で製造するシェル鋳型には、コアを組み込むこともできる。コアは、鋳型内で穴又はキャビティを生み出すために多用され、石英ガラス、アルミナ、アルミン酸塩、ジルコン又はそれらの任意の組合せからなるインサートの使用によって形成し得る。コア材料は最終鋳造品から慣用技術で除去される。コアの使用については、上掲の Modern Metalworking, Casting and Forming Processes in Manufacturing、並びに米国特許第 4097292 及び 4086311 号など、多数の参考文献に記載されている。本発明の補強シートは、特に鋳型が高温でクリープや変形を起こしやすいときに、鋳型内部のコア付近の適正な金属厚さを保つのに役立つ。複雑な形状の及び / 又は寸法条件が非常に厳しい金属部品を製造する際には、鋳型内部のキャビティの寸法を正確に制御することが極めて重要であることが多い。

【0029】

シェル鋳型が出来上がってワックスを除去したら、鋳型を慣用技術で焼成する。焼成段階に必要とされる温度及び時間条件は、いうまでもなく、肉厚、シェル鋳型の組成などの因子に応じて異なる。典型的には、焼成は約 1350 ~ 約 1750 の温度で約 5 ~ 約 60 分間行われる。鋳型を室温まで放冷する。鋳型の補修及び表面平滑化など、鋳型の製造で慣用される後段階を行ってもよい。

【0030】

本発明に係るもののようなシェル鋳型を鋳造に使用することは、当業者が精通している事項である。チタン及びニッケル基超合金のような多種多様な金属及び合金を鋳造し得る。そこで、かかる材料から補強シェル鋳型で製造された部品も本発明の範囲に属する。

【0031】

【実施例】

以下の実施例は例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。特に示さない限り、「部」はすべて重量部であり、値はすべて近似値である。

【0032】

例 1

従来のシェル鋳型技術を用いてサンプル鋳型を製造した。その段階は以下の通りであった (鋳型の補強は、後述の通り、これら一連の段階の途中で行った)。

(1) ワックス模型を - 325 メッシュの平板状アルミナとシリカバインダーの懸濁液に浸漬し、

(2) 被覆ワックス模型から余分の液を切り、

(3) 被覆ワックス模型を 80 グリットの溶融アルミナの流動層に浸漬し、

(4) ワックス模型を風乾し、

(5) 段階 1 ~ 4 を繰り返す、

(6) ワックス模型を - 240 メッシュ及び - 325 メッシュのアルミナとシリカバインダーの懸濁液に浸漬し、

(7) ワックス模型を - 54 メッシュのアルミナの流動層に浸漬し、

(8) ワックス模型を風乾し、

(9) 段階 6 ~ 8 を 6 回繰り返す。

【0033】

本明細書では、段階 1 ~ 4 で付着させる最初の 2 つの層を「一次コート」と定義し、段階 6 ~ 9 で付着させる層を「二次コート」と定義する。直方体ワックス模型を用いて鋳型を製造した。製造後、鋳型の両壁を削り取って 2 つの平らな試験片を得た。この試験片 (長さ 20 cm で幅 2.5 cm) を空气中 1000 で焼成し、取扱強さを高めた。鋳型を次いで 1500 ~ 1550 の温度で焼成してから、評価した。試験片は焼成後も割れを生じなかった。

【 0 0 3 4 】

本発明による鋳型の補強は、緻密アルミナ系シートを鋳型に組み込むことによってなされた。未焼成シートに 0 . 4 8 c m の穴を 0 . 8 9 c m の中心間隔で押抜いて穴あきシートを製造した。このアルミナシートを 1 6 0 0 で 1 時間焼成して、約 9 9 % を上回る密度とした。このシートを第 2 の二次コートと第 3 の二次コートの間に鋳型表面に、 - 2 4 0 メッシュのアルミナとケイ酸カリウムペーストの混合物を用いて付着させた。続いて二次コートを付着させて、鋳型の壁体内部にシートを埋め込んだ。

【 0 0 3 5 】

試験のため、焼成後の補強鋳型及び非補強鋳型から機械加工して試験片を作った。鋳型の外面だけを機械加工して厚さを 0 . 7 9 c m とした。機械加工後の試験片の幅は 1 . 5 9 c m であった。一次コートは機械加工時に無傷のまま残った。

10

【 0 0 3 6 】

各試験片について、1 5 . 2 4 c m スパンでの三点たるみ試験を 1 5 5 0 で実施した。この試験では、各スパンの中心に約 5 0 p s i (0 . 3 4 M P a) の荷重を加えた。試験後の各試験片の撓みを表 1 に示す。

【 0 0 3 7 】

表 1

非補強試験片	0 . 5 m m
非補強試験片	0 . 6 m m
補強試験片*	0 . 0 5 m m

20

* 本発明に従ってアルミナ系シートで補強

表 1 は、本発明に従って補強したシェル鋳型の強度が劇的に向上することをはっきりと実証している。

【 0 0 3 8 】

例 2

ワックスと 1 2 0 メッシュの溶融アルミナの混合物を混ぜて（ワックスを融解して）セラミックスラリーを調製した。タービンブレードの典型的な表面湾曲をもつ模型に上記スラリーを注いで凝固させた。キャストブロックを模型から取り外した。ブロックを 1 5 0 0 で焼成して、ワックスを除去するとともに取扱強さを高めた。キャストブロックを次に柔軟なアルミナシートの焼成用支持体として使用した。焼成用支持体の湾曲に適合するようにシートを手で変形させた。次いで、焼成用支持体をアルミナシートと共に空气中 1 6 0 0 で 1 時間焼成した。焼成後に得られた製品は、タービンブレードの輪郭を有する緻密な湾曲アルミナシートであった。かかるシートは、例 1 に記載のシェル鋳型の補強材として使用できる。さらに、シートの製造に用いた技術は、繊維巻付装置のような精巧な装置を何ら必要としない。

30

【 0 0 3 9 】

以上、例示を目的として実施形態を記載してきたが、以上の説明は本発明の範囲を限定するものではない。従って、本発明の技術的思想及び範囲から逸脱することなく様々な修正、改変、変更は当業者には自明であろう。

フロントページの続き

- (72)発明者 マイケル・フランシス・ギグリオッティ, ジュニア
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコウシャ、キール・ドライブ、41番
- (72)発明者 ウェイン・デビッド・パスコ
アメリカ合衆国、ニュー・メキシコ州、プラシタス、ピスタ・デ・ラ・モンタナ、38番
- (72)発明者 ボール・スティーブン・スヴェク
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコウシャ、パートレット・プレイス、3番

審査官 栗野 正明

- (56)参考文献 特開昭55-064945(JP, A)
国際公開第2000/005011(WO, A1)
特表2003-527243(JP, A)
特開平11-156483(JP, A)
特開昭61-279337(JP, A)
特開平11-156482(JP, A)
特開昭56-017157(JP, A)
特表2004-516938(JP, A)
特開平04-123840(JP, A)
特開平02-197349(JP, A)
特開昭61-202744(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22C 9/04
B22C 9/22