

(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 1

B22C 9/04 (2006.01)

B22C 9/04

E

B22C 9/22 (2006.01)

B22C 9/04

F

B22C 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)
 (22) 出願日 平成12年10月30日 (2000.10.30)
 (65) 公開番号 特開2001-286980 (P2001-286980A)
 (43) 公開日 平成13年10月16日 (2001.10.16)
 審査請求日 平成19年10月29日 (2007.10.29)
 (31) 優先権主張番号 09/542737
 (32) 優先日 平成12年4月5日 (2000.4.5)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 智志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 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
 クタディ、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鋳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鋳造用セラミックシェル鋳型であって、
 (a) 当該シェル鋳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
 ェル鋳型の形状に適合してシェル鋳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、シェル鋳型。

10

【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、アルミニ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記載のシェル鋳型。

【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鋳型自体
 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記載のシェル鋳型。

【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項記載のシェル鋳型。

【請求項 5】

20

鋳造用セラミックシェル鋳型の製造方法であって、当該方法が、

(I) インベストメント鋳造法による造形途中の部分シェル鋳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鋳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、シェル鋳型の形状に適合してシェル鋳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鋳型を完成する段階、及び

(III) シェル鋳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、

10

(i) セラミック材料のスラリーを調製する段階、

(ii) 当該シェル鋳型で鋳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、

(iii) 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、

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

(v) 部分シェル鋳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、

20

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

(vii) ワックスを除去し、シェル鋳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、アルミニ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鋳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。

30

【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】

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

【0002】

40

【従来の技術】

セラミックシェル鋳型は、金属のインベストメント鋳造で溶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、シェル鋳型の強度及び完全性は極めて重要な因子である。こうしたシェル鋳型特性は、航空機及び発電業で使用され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 の極めて高い鋳造温度が用いられることがある。従来のシェル鋳型の多くはかかる温度では十分な強度を呈さない。これらの鋳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鋳造する場合には低温でも起こり得る。膨れは鋳型の寸法を変化させ、鋳造品に不都合なバラツキをもた

50

らしかねない。割れは溶湯が流れ出して鋳型の破壊につながることがある。

【0004】

極めて高い鋳造温度で使用されるシェル鋳型及び非常に大形の部品の鋳造に使用されるシェル鋳型には、一段と高い強度が必要とされる。かかる課題は、J. L. Lane他の米国特許第4998581号で扱われている。その開示によれば、シェル鋳型を製造する際に鋳型の周囲を繊維状補強材で包むことによってシェル鋳型が強化される。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鋳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鋳型にセラミック層を付着させる。

10

【0005】

米国特許第4998581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。こうした混入物は鋳型の物理的性質を低下させかねない。さらに、米国特許第4998581号で用いられる補強材の多くは鋳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、割れのない鋳型の製造は一段と困難になる。

20

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、シェル鋳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。シェル鋳型は高い金属鋳造温度に耐える強度を有するとともに大形部品の鋳造に適したものであるべきである。シェル鋳型は、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鋳型を改良するときは、特に複雑な金属部品を鋳造するときのシェル鋳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、改良シェル鋳型の製造は、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。

【0007】

【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鋳造用セラミックシェル鋳型を提供する。当該シェル鋳型は、当該シェル鋳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、シェル鋳型の形状に適合してシェル鋳型を構造的に補強する。

30

【0008】

本発明の別の態様では、鋳造用セラミックシェル鋳型の製造方法が提供される。当該方法は、インベストメント鋳造法による造形途中の部分シェル鋳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鋳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、及びシェル鋳型を高温下で焼成する段階を含んでなる。

40

【0009】

【発明の実施の形態】

一般に、インベストメント鋳造法用のセラミックシェル鋳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-Willcox 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。シェル铸型は、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ディング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4 9 9 8 5 8 1号 (Lane他)、同第4 0 9 7 2 9 2号 (Huseby他)、同第4 0 8 6 3 1 1号 (Huseby他)、同第4 0 3 1 9 4 5号 (Gigliotti, Jr.他)、同第4 0 2 6 3 4 4号 (Greskovich)、同第3 9 7 2 3 6 7号 (Gigliotti, Jr.他) 及び同第3 9 5 5 6 1 6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铸造技術の一つは「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、铸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、完成したシェル铸型を焼成して、铸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ヤンバーで実施されることが多く、付着層は「セラミックスタッコ」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、セラミックシェル铸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。シートはシェル铸型の形状に適合し、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、例えばシェル铸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、並びにアルミニ酸イットリウムやアルミニ酸マグネシウムのような各種アルミニ酸塩がある。（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、アルミニ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铸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铸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、「テープキャスティング」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チラー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ティング技術で作られるような一体モノリシック体からなる。テープキャスティング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铸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、シェル铸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、シェル铸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、シェル铸型製造業者はシートとシェル铸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、铸型に必要とされる補強の程度（それ自体、铸型を用いる铸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の典型的なシェル铸型については、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铸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をはシェル铸型自体（つまり、補強材の存在しないシェル铸型）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铸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铸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铸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。シェル铸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、アルミニン酸塩系材料（アルミニ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】

シェル铸型の製造は、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コ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（かつスタッコの組成を無視した）典型的な化学組成には、約80～約100重量%のアルミニナ系材料と約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铸型の所望の厚さに依存することはいうまでもない。シェル铸型には、普通、セラミックスラリー層／スタッコ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コ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铸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コ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コ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／スタッコ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、シェル铸型の厚さを速やかに増すことができる。大きな粒度は、シェル铸型の収縮率の制御にも用いられる。

30

【0025】

シェル铸型が完成したら、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铸型を入れて約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。かかる铸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铸型にセラミック系補強シートを組み込む。铸型中のシートの正確な「深さ」は、シート厚、铸型層の組成及び铸型の形状など、様々な因子に依存する。シートの位置を種々変更して铸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、シェル铸型の比較的中心近く（例えば、シェル铸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／スタッコ凝集物層の組を約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、部分シェル铸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／スタッコ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。铸型材料に悪影響を与えない成分又はシェル铸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ー層／スタッコ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2.50cm（例えば、約0.50～約1.25cm）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、アルミニン酸塩、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を繰り返し、

（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20cmで幅2.5cm）を空気中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。

10

20

30

40

50

【0034】

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0.48cmの穴を0.89cm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1600で1時間焼成して、約99%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、-240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。

【0035】

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0.79cmとした。機械加工後の試験片の幅は1.59cm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

【0036】

各試験片について、15.24cmスパンでの三点たるみ試験を1550で実施した。この試験では、各スパンの中心に約50psi(0.34MPa)の荷重を加えた。試験後の各試験片の撓みを表1に示す。

【0037】

表1

非補強試験片	0.5mm
非補強試験片	0.6mm
補強試験片*	0.05mm

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。

【0038】

例2

ワックスと120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1500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気中1600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を必要としない。

30

【0039】

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、ビスタ・デ・ラ・モンタナ、38番
- (72)発明者 ポール・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 粟野 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