



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 036 610 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.08.2005 Patentblatt 2005/35

(51) Int Cl.7: **B22C 1/00, B22C 1/16**

(21) Anmeldenummer: **00104214.2**

(22) Anmeldetag: **01.03.2000**

(54) **Fein- und Formguss in Kunststoff/Kohlenstoffaerogelen**

Investment and mould casting in carbon and organic aerogels

Moulage de précision et en châssis dans des aérogels organiques ou en carbone

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **17.03.1999 DE 19911847**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.2000 Patentblatt 2000/38

(73) Patentinhaber: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
53175 Bonn (DE)

(72) Erfinder:
• **Ratke, Lorenz, Prof.**
53757 St. Augustin (DE)
• **Fricke, Jochen, Prof. Dr.**
97074 Würzburg (DE)

(74) Vertreter: **Jönsson, Hans-Peter et al**
Patentanwälte
von Kreisler Selting Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus am Dom)
50667 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 721 600 DE-C- 19 738 466
US-A- 4 873 218

- **TSCHEUSCHNER D ET AL: "Investment casting in silica aerogels" MATERIAL SCIENCE FORUM, Bd. 329-330, 2000, Seiten 479-486, XP000925267**
- **ALLKEMPER J ET AL: "Chill casting into aerogels" SCRIPTA METALLURGICA ET MATERIALIA, Bd. 29, 1993, Seiten 1495-1500, XP000925332**
- **HRUBESH L W: "Aerogel applications" JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS,NL,NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY, AMSTERDAM, Bd. 225, Nr. 1-3, 15. April 1998 (1998-04-15), Seiten 335-342, XP004178562 ISSN: 0022-3093**
- **FRICKE J ET AL: "Aerogels: production, characterization, and applications" THIN SOLID FILMS,CH,ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, Bd. 297, Nr. 1-2, 1. April 1997 (1997-04-01), Seiten 212-223, XP004125997 ISSN: 0040-6090**

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

EP 1 036 610 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Formstoff für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen umfassend Kunststoff- und/oder Kohlenstoff-aerogele sowie ein Verfahren zur Herstellung von entsprechenden Formstoffen.

[0002] Feingießen in keramischen Formschalen ist eine Standardgusstechnik, um Präzisionsteile aus verschiedensten Legierungen herzustellen. Die Formen werden in der Regel über das Wachsausschmelzverfahren hergestellt; d. h. ein Wachskörper des zu gießenden Teils wird mit einem Silica-Sol benetzt, in mehreren Schritten besandet, getrocknet und anschließend wird die Formschale gebrannt, wobei das Wachs in einem Autoklaven ausgeschmolzen wird oder verbrennt. Mittels moderner Gussverfahren ist es möglich, konturgerecht und endformnah zu gießen (J.Sprunk, W. Blank, W. Grossmann, E. Hauschild, H. Rieksmeier, H.G. Roselnbruch; Feinguss für alle Industriebereiche, 2. Auflage, Zentrale für Gussverwendung, Düsseldorf 1987; K. A. Krekeler, Feingießen, in: Handbuch der Fertigungstechnik Bd. 1., Herausgeber G. Speer, Hanser Verlag, München 1981).

[0003] Aerogele sind hochporöse, offenporige oxidische Festkörper, die in der Regel über Sol-Gel-Verfahren aus Metallalkoxiden durch Polymerisation, Polykondensation zu Gelen und anschließender überkritischer Trocknung gewonnen werden. Seit einigen Jahren ist es gelungen, auch Kunststoffe über Sol-Gel-Verfahren zu gelieren und durch überkritische Trocknung in einen hochporösen organischen Festkörper umzuwandeln. Pyrolyse solcher Kunststoff-aerogele unter Schutzgas oder im Vakuum bei Temperaturen oberhalb 1000 °C wandelt diese in Kohlenstoff-aerogele um. Wie die oxidischen Aerogele haben Kunststoff- und Kohlenstoff-aerogele extrem geringe effektive Wärmeleitfähigkeiten (Größenordnung einige mW/K/m) und sind erheblich leichter. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Kunststoff- und Kohlenstoff-aerogelen sind in der Literatur dokumentiert (R.W. Pekala, C.T. Alviso, F.M. Kong, S.S. Hulse; J. Non-Cryst. Solids 145 (1992) 90; R.W. Pekala, C.T. Alviso, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 270 (1992) 3; R. Petricevic, G. Reichenauer, V. Bock, A. Emmerling, J. Fricke; J.Non-Cryst.Solids (1998)). Sie lassen sich durch die Ausgangsstoffe, ihr Gemisch und das Herstellungsverfahren in weiten Grenzen variieren.

[0004] DE 197384 66 C1 beschreibt eine Stranggussvorrichtung mit der Bänder eines beliebigen Querschnitts mittels Strang- oder Bandgussverfahren in einem Aerogetformwerkzeug hergestellt werden können. Das Aerogetformwerkzeug kann aus Silica Aerogelen bestehen oder bei arbeiten unter nicht reduzierender Atmosphäre aus Kohlenstoff-aerogelen.

[0005] K.E. Höner "Gießereiwesen", Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, S. 271-287, Bd 12, 4. Auflage, Verlag Chemie Weinheim, 1976 stellt in ei-

nem Übersichtsartikel die verschiedenen Gießereiverfahren zwischen denen mit verlorener Form wozu das Form- und Feingießen gehört und denen mit Dauerform, wozu das Stranggießen gehört dar.

[0006] Es ist daher **Aufgabe** der vorliegenden Erfindung die im Stand der Technik bekannten Verfahren zur Herstellung von Formstoffen für den Fein- und Formguss von Metallen und Metall-Legierungen zu vereinfachen, insbesondere die Verfahrensdauer der Trocknung zu reduzieren.

[0007] Die vorgenannte Aufgabe wird in einer ersten Ausführungsform gelöst durch einen Formstoff für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen umfassend hochporöse, offenporige Kunststoff- und/oder Kohlenstoff-aerogele, erhältlich durch Sol-Gel-Polymerisation von organischen Kunststoffmaterialien gegebenenfalls gefolgt von teilweise oder vollständiger Pyrolyse des erhaltenen Kunststoff-aerogels.

[0008] Der erfindungsgemäße Formstoff eignet sich besonders zum Einsatz in Wachsausschmelzverfahren und muß nicht, wie im Stand der Technik bei oxidischen Gelen, in mehreren Schritten aufgebracht werden.

[0009] Die so gewonnenen Formen werden nach üblichen Techniken mit Schmelze gefüllt und die Schmelze erstarrt. Bei den üblichen Gusstechniken, erfolgt die Wärmeableitung über die Formschale oder den Formsand. Gießen und Erstarren in Aerogelen bedeutet hingegen, da Kohlenstoff-aerogele quasi adiabatisch sind, dass die Wärmeabfuhr einzig über Speiser und Steiger beziehungsweise speziell angebrachte Kühlkörper erfolgt, wozu geschickterweise die Steiger und Speiser selbst verwendet werden können, aber nicht müssen. Auf diese Weise ist eine vollständig gelenkte Erstarrung möglich und das Gefüge kann entsprechend dem erforderlichen Eigenschaftsspektrum angepasst werden.

[0010] Die erfindungsgemäß hergestellten Aerogelformen eignen sich insbesondere für das Gießen von Aluminiumlegierungen (wobei die Gussform praktisch nicht aufgeheizt werden muß, da keine Wärmeableitung durch sie selbst erfolgt). Dies erhöht die Wirtschaftlichkeit, da Energiekosten gesenkt werden können. Magnesium- und Titanlegierungen reagieren mit Kohlenstoff ebenfalls nicht, so dass sich diese Kohlenstoff-aerogelformen auch für diese Legierungen unter Schutzgas oder Vakuum als Formstoff anbieten.

[0011] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Formstoffe besteht darin, dass die Sol-Gel-Bildung bei Raumtemperatur, das heißt insbesondere bei Temperaturen unterhalb des Fließpunktes des Wachses innerhalb weniger Stunden abgeschlossen werden kann. Eine überkritische Trocknung, wie bei den rein anorganischen Gelen ist nicht erforderlich. Dennoch ist es möglich, die Porengröße im Mikrometerbereich einzustellen. Bei Trocknung im überkritischen Temperaturbereich sind darüber hinaus auch Porengrößen im Nanometerbereich möglich.

[0012] Die erfindungsgemäßen Formstoffe können darüber hinaus auch anorganische oder organische

Füllstoffmaterialien enthalten. Hierunter werden im wesentlichen bei Erstarrungsbedingungen inerte stabile Materialien verstanden. Anorganische Füllstoffmaterialien sind beispielsweise ausgewählt aus Aluminiumoxid, Titandioxid und/oder Quarz, die jeweils in einer Menge von 5 bis 30 Vol.-% eingesetzt werden können. Füllstoffe im Sinne der vorliegenden Erfindung umfassen weiterhin Fasermaterialien, die eine Faserverstärkung mit organischen, anorganischen oder Kohlenstoff- und/oder SiC-Fasern bei etwa gleichen Volumenanteilen erlauben.

[0013] In gleicher Weise ist es aber auch möglich, organische Füllstoffe, beispielsweise thermoplastische oder duroplastische Kunststoffpartikel, beispielsweise Polystyrol und/oder organische (Polyacrylnitril) Fasern einzusetzen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass bei der Pyrolyse der Kunststoffgele diese Materialien mit ausgeschmolzen oder verbrannt werden. Mit Hilfe solcher Materialien ist jedoch eine Kontrolle der Schrumpfung während der Pyrolyse möglich.

[0014] Besonders bevorzugt im Sinne der vorliegenden Erfindung werden für den Formstoff Kunststoffaerogele auf der Basis Resorcin/Formaldehyd eingesetzt, die bei geeigneter Zusammensetzung und geeignetem Gehalt an basischem Katalysator bei Temperaturen zwischen 20 und 50 °C ohne überkritisches Trocknen in ein mikrostrukturiertes Kunststoffaerogel überführt werden können. Durch Auswahl der Zusammensetzung ist die Sol-Gel-Polymerisation so einstellbar, dass beispielsweise zunächst eine hochviskose Flüssigkeit entsteht, die auf eine Wachsform aufgebracht werden kann. Dies ist auch in mehreren Arbeitsgängen möglich, so dass die Schichtdicke den Bedürfnissen der Anwendungen in der Gießerei angepasst werden kann.

[0015] Somit besteht eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einem Verfahren zur Herstellung von Gussformen für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen und der Verwendung von hochporösen, offenporigen Kunststoff- und/oder Kohlenstoffaerogelen, wobei man

- a) eine Wachsform mit einem Kunststoffsol geeigneter Zusammensetzung und einem geeigneten Katalysator benetzt,
- b) bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses das Sol in ein Gel überführt,
- b') gegebenenfalls eine oder weitere Schichten des Sols aufbringt und jeweils teilweise oder vollständig in die Gelform überführt,
- c) das Gel bei einer Temperatur unterhalb des Fließpunktes des Wachses trocknet und
- d) bei einer Temperatur oberhalb der Fließtemperatur des Wachses dieses aus dem erstarrten Gel ausschmilzt oder ausbrennt.

[0016] Eine alternative Verfahrensweise zur Herstellung der Gussform besteht darin, dass man

- a) einen Wachsformkörper in einen Behälter einbringt,
- b) den Behälter teilweise oder vollständig mit einem Kunststoffsol auffüllt,
- c) bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses das Sol in die Gelform überführt,
- d) das Gel bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses trocknet und
- e) bei einer Temperatur oberhalb der Fließtemperatur des Wachses dieses aus dem erstarrten Gel ausschmilzt oder ausbrennt.

[0017] Somit ist es möglich, den Wachsformkörper einfach in einen geeigneten Behälter einzubringen, mit der Ausgangslösung für die Kunststoffaerogele aufzufüllen und dann das Verfahren der Aerogelherstellung durchzuführen.

[0018] Auf diese Weise lassen sich analog zum bekannten Block-Mold-Verfahren (das im wesentlichen Gips verwendet) massive, aber leichte quasi-adiabatische Formen herstellen.

[0019] Die Temperatur der Umwandlung der Lösung in ein Kunststoffaerogel muß dem Schmelzpunkt des Wachses angepasst werden. Nach Umwandlung in ein Kunststoffaerogel kann das Wachs ausgeschmolzen werden und gleichzeitig dabei unter Luftabschluss die Konversion zu einem Kohlenstoffaerogel erfolgen. Abhängig von der Zusammensetzung der Ausgangslösung, der Gelierungstemperatur, der Dichte des entstehenden porösen Körpers lassen sich Gussformen herstellen, sowohl als Kunststoff- wie auch als Kohlenstoffaerogel, die auf einer Mikrometerskala oberflächlich glatt sind und konturscharf abbilden. Erfindungsgemäß benötigt die Herstellung von Formen bis zum Kunststoffaerogel meist 1 bis 3 Tage, häufig nur bis zu 24 Stunden. Die Pyrolysedauer ist bestimmt durch die Dicke der Gussformschale; bei einer Wanddicke von 1 cm beträgt die Zeit beispielsweise weniger als 24 Stunden, meist 10 Stunden. Im Vergleich zur Herstellung von typischen Feingusschalen unter Einsatz oxidischer Sol-Gel-Prozesse sind die Herstellungszeiten kurz und damit wirtschaftlich. Die Schrumpfung erfolgt in den beiden Prozessschritten immer isotrop und variiert von wenigen Prozent bis 20 % und ist daher beherrschbar. Sie lässt sich durch die Zusammensetzung des Sols, die Trocknungsbedingungen, das Formmaterial und Füllstoffe reduzieren und beeinflussen und ist somit beherrschbar.

[0020] Beispielhaft sind die jeweiligen Verfahrensschritte zur Herstellung von Kunststoffaerogelformen wie folgt charakterisiert:

a) Block-Mold-Verfahren:

1. Herstellung der Ausgangslösung (Resorcin, Formaldehyd, Wasser und basischer Katalysator);
2. Lagerung des Wachsmodells in einer PTFE oder Glasform;

3. Auffüllung des Behälters in 2. mit der Ausgangslösung (da das spezifische Gewicht der Wachsmodele im allgemeinen geringer ist, als das der Lösung, muß die Form entsprechend beschwert werden (am besten an den Steigern und Speisem);

4. Gelierung im Wasserbadthermostaten (hierbei sollte die Form dicht verschlossen sein, damit die Lösung ihre Zusammensetzung nicht verändert) oder in einem Luftumwälzer im Temperaturbereich von 20 bis 50 °C;

5. Nach erfolgter Gelierung wird das noch nasse Gel in der geschlossenen Form bei der gleichen Temperatur getrocknet. Hierbei entsteht das mikrostrukturierte Kunststoff-aerogel;

6. Einbringen des Kunststoff-aerogelblockes mit eingeschlossenem Wachsmodele in einem Pyrolyseofen, der ausreichend mit Schutzgas gespült wird. Aufheizen über ca. 3 Stunden auf 1050 °C und ca. 4 bis 24 Stunden halten bei dieser Temperatur. Die Form wird dabei so gestellt, dass das Wachs auslaufen kann.

b) Feingussformschalen:

1. Identisch zu a) 1;
2. Identisch zu Schritt a) 4. Hier kann die Gelierung gestoppt werden, um eine hochviskose Flüssigkeit zu behalten;
3. Eintauchen des Wachstformkörpers in die teilgelierete Ausgangslösung und
4. Endgelierung und Trocknung in einem Luftumwälzer bei ca. 40 °C;
5. werden die Schritte 3. und 4. wiederholt (ohne vollständige Trocknung) lassen sich verschieden dicke Schichten aufbringen, denen die endgültige Trocknung und Überführung in ein Kunststoff-aerogel im Luftumwälzer folgt;
6. Identisch zu a) 6.

Ausführungsbeispiel:

[0021] Eine Lösung aus 110 g Resorcin (Merck), 162 g Formaldehyd-Lösung (37 %ig, Merck), 0,075 g Na₂CO₃ und 750 ml Wasser wurde bei Zimmertemperatur mechanisch gerührt.

[0022] Ein Glasbehälter, in dem sich ein Wachsmodele (mit Stahlplatten beschwert) des Formkörpers befand, wurde mit der Lösung aufgefüllt, bis das Modelle vollständig bedeckt war. Der Behälter wurde verschlossen. Innerhalb von zwei Stunden gelierte die Lösung in einem Luftumwälzer (Heraeus) bei 40 °C. Es wurde ein Farbumschlag der klaren Lösung nach ockergelb/hellbraun beobachtet. Die Trocknung des Gels wurde im Luftumwälzer im Verlauf von 24 Stunden erhalten. Anschließend wurde bei einer Temperatur von 60 °C das Wachs ausgeschmolzen.

[0023] In einem weiteren Schritt wurde das Kunststf-

faerogel in einem kalten Muffelofen eingebracht. Der Ofen wurde langsam (3 Stunden) auf 1050 °C aufgeheizt, wobei kontinuierlich Stickstoff (Argon oder ein anderes Schutzgas ist analog möglich) zur Vermeidung der Oxidation durchgeblasen wurde. Die Temperatur von 1050 °C wurde für 24 Stunden beibehalten.

[0024] Anschließend wurde unter stetigem Gasfluss abgekühlt und die Kohlestoff-aerogelform entnommen.

Patentansprüche

1. Formstoff für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen umfassend hochporöse, offenporige Kunststoff- und/oder Kohlestoff-aerogele, erhältlich durch Sol-Gel-Polymerisation von organischen Kunststoffmaterialien gegebenenfalls gefolgt von teilweise oder vollständiger Pyrolyse des erhaltenen Kunststoff-aerogels.

2. Formstoff nach Anspruch 1, enthaltend anorganische oder organische Füllstoffmaterialien.

3. Formstoff nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die anorganischen Füllstoffmaterialien ausgewählt sind aus Aluminiumoxid, Titandioxid und/oder Quarz, insbesondere in einer Menge von 5 bis 30 Vol.-%.

4. Formstoff nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Füllstoffe ausgewählt sind aus thermoplastischen oder duroplastischen Kunststoffpartikeln, insbesondere Polystyrol.

5. Formstoff nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Füllstoffe organische, anorganische Kohlenstoff und/oder SiC-Fasern umfassen.

6. Formstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, umfassend ein Resorcin/Formaldehyd-Sol-Gel und einen basischen Polymerisationskatalysator, insbesondere Ammoniumhydroxid und/oder Natriumcarbonat.

7. Verfahren zur Herstellung von Gussformen für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen unter Verwendung von hochporösen, fenporigen Kunststoff- und/oder Kohlestoff-aerogelen, wobei man

a) eine Wachstform mit einem Kunststoffsol geeigneter Zusammensetzung und einem geeigneten Katalysator benetzt,

b) bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses das Sol in ein Gel überführt,

b') gegebenenfalls eine oder weitere Schichten des Sols aufbringt und jeweils teilweise oder

vollständig in die Gelform überführt,
 c) das Gel bei einer Temperatur unterhalb des Fließpunktes des Wachses trocknet und
 d) bei einer Temperatur oberhalb der Fließtemperatur des Wachses dieses aus dem erstarrten Gel ausschmilzt oder ausbrennt.

8. Verfahren zur Herstellung von Gussformen für den Fein- und Formguss von Metallen oder Metall-Legierungen unter Verwendung von hochporösen, offenporigen Kunststoff- und/oder Kohlenstoffaerogelen, wobei man

a) einen Wachsformkörper in einen Behälter einbringt,
 b) den Behälter teilweise oder vollständig mit einem Kunststoffsol auffüllt,
 c) bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses das Sol in die Gelform überführt,
 d) das Gel bei einer Temperatur unterhalb der Fließtemperatur des Wachses trocknet und
 e) bei einer Temperatur oberhalb der Fließtemperatur des Wachses dieses aus dem erstarrten Gel ausschmilzt oder ausbrennt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Trocknung des Gels bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 50 °C im Verlauf von weniger als 24 Stunden durchführt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Pyrolyse des erstarrten Gels bei einer Temperatur von wenigstens 600 °C, insbesondere wenigstens 1000 °C innerhalb von 4 bis 24 Stunden durchführt.

Claims

1. A molding material for the precision casting and dead-mold casting of metals or metal alloys comprising highly porous, open-pore plastic and/or carbon aerogels obtainable by sol-gel polymerization of organic plastic materials, optionally followed by the partial or complete pyrolysis of the obtained plastic aerogel.

2. The molding material according to claim 1, containing inorganic or organic filler materials.

3. The molding material according to claim 2, **characterized in that** said inorganic filler materials are selected from alumina, titanium dioxide and/or quartz, especially in an amount of from 5 to 30% by volume.

4. The molding material according to claim 2, **characterized in that** said filler materials are selected from

thermoplastic or thermosetting plastic particles, especially polystyrene.

5. The molding material according to claim 2, **characterized in that** said filler materials comprise organic, inorganic carbon and/or SiC fibers.

6. The molding material according to any of claims 1 to 5, comprising a resorcinol/formaldehyde sol-gel and a basic polymerization catalyst, especially ammonium hydroxide and/or sodium carbonate.

7. A process for the preparation of casting molds for the precision casting and dead-mold casting of metals or metal alloys using highly porous, open-pore plastic and/or carbon aerogels, wherein:

a) a wax mold is wetted with a plastic sol of appropriate composition and a suitable catalyst;

b) the sol is transferred to a gel at a temperature below the flow temperature of the wax;

b') optionally one or more layers of the sol are applied, which are each transferred to the gel form partially or completely;

c) the gel is dried at a temperature below the flow point of the wax; and

d) the wax is melted or burned from the solidified gel at a temperature above the flow temperature of the wax.

8. A process for the preparation of casting molds for the precision casting and dead-mold casting of metals or metal alloys using highly porous, open-pore plastic and/or carbon aerogels, wherein:

a) a wax molded part is inserted into a container;

b) the container is filled partially or completely with a plastic sol;

c) the sol is transferred to the gel form at a temperature below the flow temperature of the wax;

d) the gel is dried at a temperature below the flow temperature of the wax; and

e) the wax is melted or burned from the solidified gel at a temperature above the flow temperature of the wax.

9. The process according to claim 7 or 8, **characterized in that** said drying of the gel is performed at a temperature within a range of from 20 to 50°C in the

course of less than 24 hours.

10. The process according to any of claims 7 to 8, **characterized in that** the pyrolysis of the solidified gel is performed at a temperature of at least 600 °C, especially at least 1000 °C, within 4 to 24 hours.

Revendications

1. Matière moulée pour la coulée de précision et le moulage en châssis de métaux ou d'alliages métalliques, qui comprend des aérogels de matière plastique et/ou de carbone, très poreux, à pores ouverts, que l'on peut obtenir par polymérisation sol-gel de matières synthétiques organiques, suivie éventuellement d'une pyrolyse partielle ou complète de l'aérogel de matière plastique obtenue.
2. Matière moulée selon la revendication 1, qui contient des charges minérales ou organiques.
3. Matière moulée selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les charges minérales sont choisies parmi l'oxyde d'aluminium, le dioxyde de titane et/ou le quartz, et figurent en particulier en une proportion de 5 à 30 % en volume.
4. Matière moulée selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les charges sont choisies parmi des particules de matière plastique thermoplastique ou thermodurcissable, en particulier de polystyrène.
5. Matière moulée selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les charges comprennent des fibres organiques, des fibres minérales ou des fibres de carbone et/ou de SiC.
6. Matière moulée selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, qui comprend un sol-gel de résorcinol/formaldéhyde et un catalyseur de polymérisation basique, en particulier de l'hydroxyde d'ammonium et/ou du carbonate de sodium.
7. Procédé de préparation de moules de coulée pour la coulée de précision et le moulage en châssis de métaux ou d'alliages métalliques, où l'on emploie des aérogels de matière plastique et/ou de carbone, très poreux, à pores ouverts, procédé dans lequel :
 - a) on imprègne un moule en cire d'un sol de matière plastique de composition appropriée et d'un catalyseur approprié,
 - b) on transforme le sol en un gel à une température inférieure à la température d'écoulement de la cire,

b) on applique éventuellement une ou plusieurs couches du sol et on met chaque couche partiellement ou totalement sous la forme d'un gel,

c) on sèche le gel à une température inférieure au point d'écoulement de la cire, et

d) on sépare la cire du gel solidifié par fusion ou combustion à une température supérieure à la température d'écoulement de la cire.

8. Procédé de préparation de moules de coulée pour la coulée de précision et le moulage en châssis de métaux ou d'alliages métalliques, où l'on emploie des aérogels de matière plastique et/ou de carbone, très poreux, à pores ouverts, procédé dans lequel :

a) on introduit une pièce moulée en cire dans un récipient,

b) on remplit partiellement ou totalement le récipient avec un sol de matière plastique,

c) on transforme le sol en un gel à une température inférieure à la température d'écoulement de la cire,

d) on sèche le gel à une température inférieure à la température d'écoulement de la cire, et

e) on sépare la cire du gel solidifié par fusion ou combustion à une température supérieure à la température d'écoulement de la cire.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** l'on réalise le séchage du gel à une température comprise dans l'intervalle allant de 20 à 50 °C, pendant une durée d'au moins 24 heures.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** l'on réalise la pyrolyse du gel solidifié à une température d'au moins 600 °C, en particulier d'au moins 1000 °C, en l'espace de 4 à 24 heures.