



(11) **EP 1 852 197 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.11.2007 Patentblatt 2007/45

(51) Int Cl.:
B22C 1/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07106978.5**

(22) Anmeldetag: **26.04.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **06.05.2006 DE 102006021151**

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.
51147 Köln (DE)**

(72) Erfinder:
• **Ratke, Lorenz, Prof.
53757, St. Augustin (DE)**
• **Brück, Sabine, Dr.
52351, Düren (DE)**
• **Nolte, Elmar
52146, Würselen (DE)**

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

(54) **Kernwerkstoff aus tonhaltigem Sand mit einem Gehalt an quellfähigen Schichtsilikaten
enthaltendem Aerogelsand**

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Kernwerkstoff aus tonhaltigem Sand enthaltendem Aerogelsand sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

EP 1 852 197 A1

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Kernwerkstoff aus tonhaltigem Sand enthaltendem Aerogelsand sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0002] Gießen in Formen aus gebundenen Sanden ist eine Standardguss-technik, um Werkstücke aus verschiedensten Legierungen, insbesondere von Aluminium, Magnesium, Titan oder Graugusslegierungen herzustellen. Modelle der Gusskörper werden aus Holz, Styropor und anderen Materialien hergestellt, in geeigneten Formkästen fixiert und mit Sanden umfüllt, wobei die Sande verdichtet werden. Die Sande werden in der Regel durch organische Bindemittel (Kunststoffe) chemisch oder thermisch gebunden, wodurch der Sandform eine ausreichende Festigkeit verliehen wird. (J.Sprunk, W. Blank, W. Grossmann, E. Hauschild, H. Rieksmeier, H.G. Rosselbruch; 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, W. Tilch, E. Fleming, Formstoffe und Formverfahren, Deutsche Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig/Stuttgart 1993).

[0003] Hohlräume innerhalb der Gussform müssen mittels eines Kernes stabil vorgeformt werden. Solche Kerne werden in der Regel wegen der dort herrschenden hohen thermischen und mechanischen Belastung aus kunststoffgebundenen Sanden hergestellt. Nachteil der heute üblichen Verfahren zur Kernherstellung ist, dass die Entfernung der Kerne aus dem Gussstück, insbesondere bei Leichtmetalllegierungen nur mit hohem Aufwand möglich ist (z.B. mechanische Zerstörung, Rütteln, thermische Zersetzung), die Verteilung der Sande im Kern inhomogen ist und/oder Risskeime existieren, die unter anderem zum Bruch unter thermisch-mechanischer Belastung führen können. Insbesondere die thermische Zersetzung der organischen Binder ist im Leichtmetallguss problematisch und nicht gelöst. In der Regel bleiben Kernfragmente im Gusskörper, die mechanisch entfernt werden müssen.

[0004] Aerogele sind hochporöse, offenporige Festkörper, die in der Regel über Sol-Gel-Verfahren über die Gelation kolloiddisperser Lösungen 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 (siehe beispielsweise DE 195 23 382 A1, DE 694 09 161 T2 und US-A-5,086,085). Pyrolyse solcher Kunststoffs-aerogele unter Schutzgas oder im Vakuum bei Temperaturen oberhalb 1000 °C wandelt diese in Kohlenstoffs-aerogele um. Wie die oxidischen Aerogele haben Kunststoff- und Kohlenstoffs-aerogele extrem geringe effektive Wärmeleitfähigkeiten (Größenordnung einige mW/K/m) und sind erheblich leichter. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Kunststoff- und Kohlenstoffs-aerogelen sind in der Literatur dokumentiert (R.W. Pekala, C.T. Alviso, F.M. Kong, S.S. Hulsey; 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.

[0005] EP 1 077 097 A1 beschreibt die Herstellung und Verwendung von hochporösen, offenporigen Kunststoff- und/oder Kohlenstoffs-aerogelen, erhältlich durch Sol-Gel-Polymerisation von organischen Kunststoffmaterialien. Die beschriebenen Aerogelsande können auch als Kernwerkstoffe eingesetzt werden, wobei die Aerogelsande jedoch durch Oxidation bei einer Temperatur von weniger als 500 °C entfernt werden können.

[0006] Aerogelsande entstehen aus der Kombination von konventionellen Gießereisanden und Aerogelen. Werden insbesondere RF-Aerogelsande pyrolysiert, entstehen Kohlenstoff-Aerogelsande. Typischerweise verbrennen Kohlenstoff und kohlenstoffhaltige Produkte erst mit merklicher Geschwindigkeit bei Temperaturen oberhalb 800 °C. Dies bedeutet, dass Kohlenstoff-gebundene Aerogelsande als Kernwerkstoff für Aluminiumguss nicht in Frage kämen. Kohlenstoff-Aerogelsande oxidieren aber schon merklich ab 480 °C (DE 10200427382.0).

[0007] RF-Aerogelsande werden aus Gießereisanden, Resorcin und Formaldehyd hergestellt. Resorcin und Formaldehyd werden als Hauptbestandteile des Binders in einem Stoffmengenverhältnis von etwa 1,3 : 1 gemischt und Na₂CO₃ als Katalysator und deionisiertes Wasser hinzugefügt. Das Sol wird mit dem Sand vermischt und geliert unter Luftabschluss. Das Trocknen der Mischung aus nassem Gel und Sand bei 20 bis 40 °C erzeugt die Aerogelsande.

[0008] Sande können mit Gehalten zwischen 50 und 90 Gew.-% in sogenannte Aerogelsande eingebracht werden. Ihre Form und Größe sowie deren chemische Zusammensetzung sind die Einflussfaktoren für die Eigenschaften eines Kernes. Zur Herstellung der Aerogelsande wurden Quarz-, Alodur®-(96 % Al₂O₃), und Siliziumcarbid-sand (SiC) eingesetzt. Aerogelsande haben ausreichende Festigkeiten, die mit der Korngröße der Sande aber auch dem Binderanteil verändert werden kann. Die Wärmeleitfähigkeiten liegen im Bereich konventioneller Form- und Kernwerkstoffsysteme.

[0009] Die RF-Aerogelsande sind die notwendige Voraussetzung, um Kohlenstoff-Aerogelsande herzustellen. Durch Pyrolyse lassen sich aus ihnen Kohlenstoff-Aerogelsande herstellen. Dabei werden Körper aus RF-Aerogel-gebundenen Sanden in einem Ofen eingesetzt; der Ofen evakuiert und mit Argon geflutet. Aufheizen des Ofens auf über 1.000 °C und Halten bei dieser Temperatur je nach Größe des Formkörpers für einige Stunden, wandelt die RF-Aerogele in Kohlenstoff-Aerogele um. Nach einem Abkühlungsprozess können die entstandenen C-Aerogele beziehungsweise Kohlenstoff-Aerogelsande entnommen werden. Die so erhaltenen Formkörper aus Sand und Kohlenstoff-Aerogel verlieren dabei nicht ihre Form und sind mechanisch stabil, vergleichbar mit dem Ausgangsprodukt - dem Kunststoff-Aerogelsand.

[0010] DE 102 16 464 A1 beschreibt Kernwerkstoffe aus anorganischem Aerogel und anorganischen Füllstoffen, wie

Gießereisanden, ein Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung zur Herstellung von Gussformen. Die beanspruchten Kernwerkstoffe bestehen neben den Füllstoffen aus Silicaaerogel.

[0011] DE 103 52 574 A1 betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Füllstoffenthaltenden Aerogels, das dadurch gekennzeichnet ist, dass es folgende Schritte umfasst:

- a) Alterung eines Sols im Verlauf von 1 bis 14 Tagen,
- b) Vermischung von 1 bis 6 Gewichtsanteilen des Sols mit 25 Gewichtsanteilen des Füllstoffs, der eine Temperatur im Bereich von 40 °C bis 80 °C aufweist und
- c) Gelierung und Trocknung der Mischung.

[0012] Anstelle der heute üblichen chemischen Bindemittel wurde dem Sand bisher Ton beigemischt oder es wurden natürliche Sandsorten gewählt, bei denen bereits Ton in hinreichender Menge enthalten war (Formsande). Die tongebundenen Sande werden im Allgemeinen mit Wasser gebunden. Dies hat jedoch den Nachteil, dass diese Formstoffe keine hohe Festigkeit aufweisen und daher für die Kernherstellung prinzipiell ungeeignet sind. Bis heute werden Kerne für den Formguss mit polymeren Bindern wie beispielsweise Phenol- oder Furanharzen hergestellt. Diese können jedoch nicht in Kombination mit Natursanden eingesetzt werden, da diese zur Quellung des Schichtmaterials notwendigerweise einen hohen Wasseranteil aufweisen müssen. Dieses Wasser würde zu einer Verdünnung der Harze führen und damit zu einer deutlichen Absenkung der Bindefähigkeit. Daher wurden mit Einführung der polymeren Binder im Formguss bislang nur reine spezielle und damit teure Gießereisande eingesetzt, die entweder zumindestens zu 99 Gew.-% aus SiO_2 bestehen (Quarzsande) oder die zumindest zu 97 Gew.-% aus Al_2O_3 bestehen (ALODUR®). Auch bei den vor kurzer Zeit bekannt gewordenen Kernwerkstoffen aus Aerogelen und Formsanden werden ausschließlich spezielle Gießereisande eingesetzt. So wird beispielsweise in der EP 1 077 097 A1 ALODUR®-Sand eingesetzt.

[0013] Die Quellfähigkeit von Tonmaterialien hängt von äußeren Umständen ab, wie beispielsweise dem Wasserdampfdruck oder elektrolythaltigen Porenwässern. Ab 90 °C beginnt das Zwischenschichtwasser zu entweichen, ab ungefähr 250 °C ist es vollständig ausgetrieben. Beim Abkühlen erfolgt bereits wieder eine Rehydratisierung. Die Quellung hängt auch von dem Sitz der Ladungen ab. Bevorzugt werden Ladungen in den O-Schichten gegenüber den T-Schichten.

[0014] Daneben hängt die Quellung auch von der Hydratationsenergie der Z-Schicht-Kationen ab. Die Quellfähigkeit reicht von einer leichten Aufweitung bis hin zur völligen Auflösung. Es wird unterschieden in:

- Vermiculite, Quellfähigkeit bis 15 Å, Ladung 0,6 bis 0,9
- Smectite, Quellfähigkeit ab 15 Å, Ladung 0,2 bis 0,6.

[0015] Die Quellung hängt von der Ladung der Elementarschichten und der Z-Kationen ab. K^+ als Z-Kation können die Ladung auf 0,6 bis 0,7/ $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ absenken. Darunter gehen Glimmer in smectitische Strukturen über, mit anderen Kationen dann ab 0,9 weiter in Vermiculite.

[0016] Zu den dioktaedrischen Dreischichtmineralen mit Quellfähigkeit der Zusammensetzung:

$(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg})^{i+}[\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x\text{O}_{10}][(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_{2-y}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{y+z}(\text{OH})_2]$ mit $i = z + y - 2z$ und $1 > i > 0,2$ gehören: dioktaedrischer Vermiculit mit $i = 0,6$ bis 0,9. Sie stellen den Übergang von degradierten Glimmern zu den Smectiten dar. Die Ladungen befinden sich hauptsächlich in den T-Schichten. Die Kationen der Z-Schichten sind nicht fixiert in ihren Positionen.

[0017] Smectit mit $i = 0,2$ bis 0,7 wie Montmorillonit und Beidellit. Montmorillonit besitzt eine niedrige Gesamtladung, 0,25 bis 0,5/ $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Die Ladung wird überwiegend durch die Mg^{2+} in den O-Schichten erzeugt. Beidellit hat die Ladung meist in den T-Schichten liegend. Er ist der Al-reichste Smectit.

[0018] Trioktaedrische Dreischichtminerale mit Quellfähigkeit der Zusammensetzung: $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg})[\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x\text{O}_{10}][(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{3-y}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_{y-z}(\text{OH})_2]$ mit $i = x - y + 3z$ umfassen: trioktaedrischer Vermiculit $i = 0,6$ bis 0,9. Sie sind erheblich länger bekannt als die dioktaedrischen Vermiculite. Werden sie erhitzt, blättern sie auf bis zum 30-fachen ihres Volumens.

Verwendung als Isolier- und Verpackungsmaterial.

[0019] Trioktaedrischer Smectit $i = 0,2$ bis 0,7. Sie treten nur selten als Verwitterungsprodukte unter Oberflächenbedingungen auf. Hauptsächlich unter marinen Bedingungen, beispielsweise Saponit, ein trioktaedrischer Smectit mit hohem Mg-Gehalt.

[0020] Als Bentonit bezeichnet man tonhaltiges Gestein, das durch die Verwitterung vulkanischer Asche entstanden ist. Seinen Namen erhielt Bentonit nach der ersten Fundstätte des Forts Benton, Wyoming (USA). Seine ungewöhnlichen Eigenschaften werden durch das Tonmineral Montmorillonit bestimmt. Der Name Montmorillonit leitet sich von der südfranzösischen Stadt Montmorillon ab, wo ebenfalls Tone vorkommen.

[0021] Montmorillonit ist ein Aluminiumhydrosilikat, das zur Gruppe der Phyllosilikate (Blätterstruktur-Silikate) gehört.

Montmorillonit ist der Hauptvertreter in der Gruppe der Dreischichtsilikate, die auch als Smectite bezeichnet werden. In der Praxis werden Bentonit, Smectit und Montmorillonit als Synonyme für quellfähige Mehrschichtsilikate gebraucht. Bentonit kann des weiteren Begleitmineralien wie Quarz, Feldspat, Glimmer enthalten. Bentonitlagerstätten findet man in der ganzen Welt. Allerdings sind aufgrund der unterschiedlichen Genesen die mineralogischen Zusammensetzungen und damit auch die technische Verwertbarkeit sehr unterschiedlich. Generell unterscheidet man zwischen primären und sekundären Lagerstätten. Primäre Lagerstätten sind durch die örtliche Verwitterung vulkanischer Gesteine entstanden (beispielsweise im Westerwald). Bei sekundären Lagerstätten (beispielsweise in Bayern) erfolgte zunächst ein Transport vulkanischer Aschen, beispielsweise durch Wind, Ablagerung und anschließender Verwitterung.

[0022] Das bedeutenste Zweischichtmaterial stellt der Kaolinit dar. Seine Elementarschicht ist aus einer SiO_2 -Tetraederschicht und einer Al_2O_3 -Oktaederschicht aufgebaut. Bei Dreischichtmineralen besteht die Elementarschicht aus zwei äußeren Tetraederschichten und einer inneren Oktaederschicht. Zu dieser Gruppe gehört der quellfähige Montmorillonit bzw. Bentonit.

[0023] Der Quellvorgang wird dadurch bewirkt, dass Wasser zwischen die Elementarschichten eindringt und ihren Abstand verändern kann. Man unterscheidet zwischen "innerkristalliner Quellung", das heißt der Weitung des Abstands der Elementarschichten durch Eintritt von überschüssigem Wasser, und der "osmotischen Quellung", die durch Konzentrationsunterschiede zwischen "Innenlösung" und "Außenlösung" zustande kommt. Erfolgt die Quellung eines Montmorillonits innerhalb eines begrenzten Volumens (beispielsweise in einer Dichtungsschicht), wird ein Quelldruck aufgebaut, der je nach Dichte mehrere bar erreichen kann. Der Quelldruck verhindert maßgeblich weiteres Durchdringen von Wasser.

[0024] Ein Montmorillonitkristall ist aus etwa 15 bis 20 Elementarschichten aufgebaut. Zwischen diesen Schichten befinden sich neben dem Kristallwasser austauschfähige Kationen, die die negativen Überschussladungen des Gitters kompensieren. Diese sind nicht besonders fest gebunden und können durch andere Kationen oder aber auch durch positiv geladene organische Moleküle ersetzt werden. Bentonit bzw. Montmorillonit hat eine besondere Fähigkeit zum Ionenaustausch und zur Anlagerung von positiv geladenen Teilchen. Weil Adsorptionsvorgänge Oberflächenreaktionen sind, ist das geforderte Adsorptionsvermögen wesentlich von der spezifischen Oberfläche des Tonminerals abhängig. Die spezifische Oberfläche von Montmorillonit kann bis zu 800 qm/g betragen.

[0025] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es also, einen Kernwerkstoff aus Aerogel und Sand bereitzustellen, der wesentlich einfacher und preisgünstiger herzustellen ist.

[0026] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst in einer ersten Ausführungsform durch einen Kernwerkstoff für den Formguss aus Sand enthaltendem Aerogel, der dadurch gekennzeichnet ist, dass der Sand tonhaltige 3 bis 10 Gew%-Schichtsilikate enthält.

[0027] Tonhaltiger Sand im Sinne der Erfindung ist ein Sand (Formsand), der zum einen feucht ist und zum anderen einen wesentlichen Anteil an Ton enthält. Übliche tonhaltige Sande enthalten beispielsweise zwischen 5 und 15 Gew.-% Ton. Tonhaltiger Sand im Sinne der Erfindung ist also ein Tonmineralsand. Dieser enthält sogenannte Tonmineralien, insbesondere Schichtsilikate in einer Menge von 3 bis 10 Gew.%, wie beispielsweise Illit, Kaolinit oder auch Montmorillonit.

[0028] Gerade unter dem Gesichtspunkt, dass tonhaltige Formsande immer weniger in Gießereien eingesetzt werden, ist es nun um so überraschender, dass der erfindungsgemäße Kernwerkstoff aus Aerogel und tonhaltigem Sand im Vergleich zu herkömmlichen Kernwerkstoffen aus Aerogel und Gießereisand eine besonders hohe Festigkeit aufweist und schnell aushärtet. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass gerade Aerogele auf Polymerbasis von Hause aus einen hohen Wasseranteil mit sich bringen und so das hohe Bindungsvermögen des Tonminerals mit den guten Bindeeigenschaften des Aerogels verknüpft werden. Besonders vorteilhaft am Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch der besondere niedrige Preis von tonhaltigem Sand, der in der Folge die besonders preisgünstige Fertigung von Kernen für den Formguss erlaubt. Durch die hohe Festigkeit des erfindungsgemäßen Kernwerkstoffes kann der Kernwerkstoff mit einem deutlich verringerten Binderanteil gefertigt werden.

[0029] Wesentlich an den erfindungsgemäß eingesetzten Formsanden ist, dass sie quellfähige Schichtsilikate enthalten. Das verleiht den Kernen direkt eine Anfangsfestigkeit, die mit dem aerogelen Binder allein nicht realisierbar ist. Nicht alle Silikate und auch nicht alle Schichtsilikate sind quellfähig und schon gar nicht ist jeder Ton quellfähig (dazu muss der Ton die richtige Menge an quellfähigen Schichtsilikaten enthalten).

[0030] Formsande selbst werden nie als Kerne im Leichtmetallguss eingesetzt, weil sie eben Feuchtigkeit besitzen, die in Reaktion mit dem Aluminium zu Katastrophen führt. Formsande als Kernsande einzusetzen allein ist schon eine Innovation. Des weiteren würde kein Gießer versuchen, Formsande mit polymeren Bindern abzubinden (also mit Polyurethan, Furanharzen etc) und er würde ebenso wenig Phenolharze nehmen, da er ja aus Erfahrung weiß, dass Feuchtigkeit freigesetzt wird (Polykondensation unter Abspaltung von Wasser) und Feuchtigkeit und Aluminium vertragen sich nicht. Deshalb ist die der Erfindung zugrundeliegende Idee, aerogele Binder und Natursande mit hohem quellfähigem Schichtsilikatanteil zu verwenden gerade erfinderisch. Bei aerogelen Bindern ist Wasser ein wichtiger Bestandteil, da ansonsten Gelbildung auftritt. Die Wasserbildung bei der Polykondensationsreaktion stört hier nicht, sondern führt eher dazu, dass das Gel umso besser gebildet wird. Erfindungsgemäß kann man die Feuchtigkeit aus dem Kernkörper

herausbekommen, denn das ist bei den aerogelen Bindern im Gegensatz zu den handelsüblichen Bindern Stand der Technik. Deswegen ist der Einsatz von Sanden mit hohem Anteil quellfähiger Schichtsilikate (Vermiculit, Montmorillonit etc.) eine wunderbare Möglichkeit, die dem Fachmann nicht nahe liegt und auch nicht, wenn er Kenntnisse über aerogele Binder hat.

[0031] Das Aerogel ist vorteilhafterweise ein Resorcin-Formaldehyd-Aerogel. Diese Aerogele werden durch Trocknung eines Sols aus Resorcin und Formaldehyd gewonnen. Dieses Material ist deshalb besonders vorteilhaft, da es in der bisherigen Gießereitechnik bereits als nicht poröses und massives Polymerbasiertes Bindemittel Resorcin-Formaldehydharz eingesetzt wird.

[0032] Vorteilhafterweise ist das Aerogel als Bindemittel in einem Mengenbereich von 6 bis 15 Gew.-% im Kernwerkstoff enthalten. Liegt die Menge des Aerogels deutlich unterhalb dieses Bereiches, so wird ein erhöhter Abrieb und eine geringe Festigkeit des Kernwerkstoffes beobachtet. Liegt der Anteil an Aerogel als Bindemittel deutlich über 15 Gew.-%, so verlängert sich die Gelierdauer bei der Herstellung des Kernwerkstoffes von einigen Minuten für den erfindungsgemäßen Kernwerkstoff auf bis zu mehrere Stunden für einen Kernwerkstoff enthaltend mehr Aerogel.

[0033] Der tonhaltige Sand ist vorteilhafterweise in einem Mengenbereich von 85 bis 94 Gew.-% im Kernwerkstoff enthalten. Ein höherer Gehalt an tonhaltigem Sand führt zu geringerer Stabilität des Kernwerkstoffes. Ein niedrigerer Gehalt an tonhaltigem Sand führt zu einer deutlich verlängerten Gelierzeit.

[0034] Die Festigkeit des Kernwerkstoffes beträgt vorteilhafterweise mindestens 100 N/cm² (1MPa).

[0035] Der mittlere Korndurchmesser des tonhaltigen Sandes beträgt vorteilhafterweise mindestens 100 µm.

[0036] Der Tongehalt des tonhaltigen Sandes liegt vorteilhafterweise in einem Bereich von 3 bis 20 Gew.-%, insbesondere 8 bis 15 Gew.-%. Der Wassergehalt des eingesetzten Natursandes liegt vorteilhafterweise in einem Bereich von 3 bis 10 Gew.-%.

[0037] Die Wärmeleitfähigkeit des erfindungsgemäßen Kernwerkstoffes liegt vorteilhafterweise in einem Bereich von 0,1 bis 0,5 W/mK. Hierdurch kann der erfindungsgemäße Kernwerkstoff für Anwendungen wie Aluminiumguss und Stahlguss eingesetzt werden.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Kernwerkstoffes, umfassend die folgenden Schritte:

- a. Herstellung eines Sols,
- b. Mischung des Sols mit tonhaltigen Sand,
- c. Gelierung des Sols zu einem Gel, und
- d. Trocknung des Gels.

[0039] Im Vergleich zu den bekannten Verfahren zur Herstellung von Kernwerkstoffen auf Basis von Aerogel unterscheidet sich das erfindungsgemäße Verfahren vor allem dadurch, dass mit diesem Verfahren eine erhebliche Verkürzung der Gelierdauer erzielt werden kann. Während bei den bekannten Verfahren die Gelierdauer oft mehrere Stunden betrug, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren überraschenderweise eine Gelierdauer von nur wenigen Minuten erreicht werden. Durch die höhere resultierende Festigkeit des Kernwerkstoffes kann im Unterschied zu den bekannten Verfahren auch ein deutlich geringerer Bindeanteil eingesetzt werden.

[0040] Vorteilhafterweise setzt man im erfindungsgemäßen Verfahren tonhaltigen Sand mit einem Wassergehalt in einem Bereich von 3 bis 10 Gew.-% ein. Bei diesem Wassergehalt konnte beobachtet werden, dass eine besonders hohe Festigkeit des resultierenden Kernwerkstoffes erzielt werden konnte.

[0041] In einer weiteren Ausführungsform wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe gelöst durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Kernwerkstoff als Kernwerkstoff für den Formguss.

[0042] Ausführungsbeispiel:

1. Herstellung der Aerogellösung:

22 g Resorcinol + 20 ml Formaldehydlösung (37 %ig) + 0,013 g Na₂CO₃ + 82 ml H₂O und Rühren bei Raumtemperatur.

2. Mischen der Aerogellösung mit tonhaltigem Sand:

Beispiel: 100 cm³ tonhaltiger Sand (Fa. Klopheus, Solingen, Sandklasse SGII) mit einer mittleren Korngröße 120 µm nahm 45 ml Lösung auf. Die Aerogellösung wurde unter Rühren in einem Hobart-Mischer dem Sand zugefügt.

3. Befüllung der Kernform:

Befüllung der Kernform unter Rüttel- und Klopferdichtung.

4. Abbinden des Sandes zu ausreichender Nassfestigkeit innerhalb von 5 Minuten.

5. Trocknen:

Trocknen der offenen Form in einer Stunde bei 120 °C im Trockenschrank.

6. Einbau des aerogelgebundenen Sandkernes in eine Standardgussform

[0043] Nach dieser Vorschrift wurden verschiedene Probekörper hergestellt, die mit einem unterschiedlichen Anteil an Aerogellösung hergestellt wurden. Die Aushärtungsdaten sind in der Tabelle 1 wieder gegeben.

Tabelle:

Anteil Aerogellösung (Gew.%)	Charakteristika
20 %	Fest nach 2 bis 3 h
15 %	Fest nach 1 h; höchste Festigkeit, hohe Nassfestigkeit
10 %	Bei 80 °C nach 1 h fest; bei 120 °C nach 20 bis 30 min fest;
8 %	Bei 80 °C fest nach 1,5 bis 2 h; bei 120 °C fest nach 20 bis 30 min
4 %	Niedrige Festigkeit; keine Aushärtung bei RT
2 %	Starker Abrieb, keine Aushärtung bei RT, sehr porös

[0044] Für ausgewählte Kombinationen aus tonhaltigem Sand und der Aerogellösung wurde die Endfestigkeit bestimmt. Die Daten sind in der Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2:

Anteil Aerogellösung	Biegebruchfestigkeit [N/cm ²]
6%	30 ± 5
10 %	100 ± 17
15 %	210 ± 30

Patentansprüche

1. Kernwerkstoff für den Formguss aus Sand enthaltendem Aerogelsand, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kernwerkstoff tonhaltigen Sand mit einem Gehalt an Schichtsilikaten von 3 bis 20 % aufweist.
2. Kernwerkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aerogel ein Resorcin-Formalehyd-Aerogel ist.
3. Kernwerkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aerogel in einem Mengenbereich von 6 bis 15 Gew.% im Kernwerkstoff enthalten ist.
4. Kernwerkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der tonhaltige Sand in einem Mengenbereich von 85 bis 94 Gew.% im Kernwerkstoff enthalten ist.
5. Kernwerkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Festigkeit mindestens 100 N/cm² beträgt.
6. Kernwerkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mittlere Korndurchmesser des tonhaltigen Sand mindestens 100 µm beträgt.
7. Verfahren zur Herstellung des Kernwerkstoffes gemäß Anspruch 1, umfassend die folgenden Schritte:

EP 1 852 197 A1

- a. Herstellung eines Sols,
- b. Mischung des Sols mit tonhaltigen Sand,
- c. Gelierung des Sols zu einem Gel, und
- d. Trocknung des Gels.

- 5
8. Verfahren gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** man tonhaltigen Sand mit einem Wassergehalt in einem Bereich von 3 bis 10 Gew.% einsetzt.
- 10
9. Verwendung des Kernwerkstoffes gemäß Anspruch 1 als Kernwerkstoff für den Formguss.

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 10 6978

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	DE 10 2004 027382 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 5. Januar 2006 (2006-01-05) * Absatz [0008] * * Absatz [0014] * * Absatz [0021] * * Absatz [0024] * * Ansprüche 1-7 *	1-9	INV. B22C1/16
A,D	EP 1 077 097 A1 (DLR EV [DE]; TITAN ALUMINIUM FEINGUSS GMBH [DE]) 21. Februar 2001 (2001-02-21) * Absatz [0018] * * Ansprüche 1-8 *	1-9	
A	WO 2005/046909 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]; RATKE LORENZ [DE]; BRUECK SABINE) 26. Mai 2005 (2005-05-26) * Seite 5, Absatz 2 - Seite 6, Absatz 1 * * Ansprüche 1-7 *	1-9	
A	DE 102 16 464 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 30. Oktober 2003 (2003-10-30) * Absatz [0008] - Absatz [0014] * * Ansprüche 1-9 *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22C
A	US 6 719 835 B2 (BROWN RICHARD K [US]) 13. April 2004 (2004-04-13) * Absatz [SUMMARY.OF.THE.INVENTION] * * Spalte 6, Zeile 26 - Zeile 67 *	1-9	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Juli 2007	Prüfer Lombois, Thierry
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 10 6978

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	LORENZ RATKE ET AL: "Mechanical properties of aerogel composites for casting purposes { doi:10.1007/s10853-005-3152-8 }" JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BO, Bd. 41, Nr. 4, 1. Februar 2006 (2006-02-01), Seiten 1019-1024, XP019211565 ISSN: 1573-4803 * das ganze Dokument *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	BRUCK S ET AL: "RF-aerogels: A new binding material for foundry application {DOI 10.1023/A:1020709129165 }" J SOL GEL SCI TECHNOL; JOURNAL OF SOL-GEL SCIENCE AND TECHNOLOGY JANUARY/MARCH 2003, Bd. 26, Nr. 1-3, Januar 2003 (2003-01), Seiten 663-666, XP002442391 * das ganze Dokument *	1-9	
A	BRÜCK, SABINE: "AeroSande : ein neuer Formstoff für Gießereianwendungen { http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus/volltexte/2003/708/ and 3 cover extra pages}" DOKTOR DES INGENIEURSWISSENSCHAFTTEN DISSERTATION, 14. November 2003 (2003-11-14), Seiten 1-149, XP002443154 Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule AACHEN * Absatz [0I.I] - Absatz [I.II] * * Absatz [I.IV] - Absatz [0I.V] *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Juli 2007	Prüfer Lombois, Thierry
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 10 6978

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-07-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004027382 A1	05-01-2006	KEINE	
EP 1077097 A1	21-02-2001	AT 259265 T	15-02-2004
		DE 19939062 A1	22-02-2001
		ES 2215527 T3	16-10-2004
		PT 1077097 T	30-06-2004
WO 2005046909 A	26-05-2005	AT 361799 T	15-06-2007
		DE 10352574 A1	16-06-2005
		EP 1682291 A1	26-07-2006
DE 10216464 A1	30-10-2003	KEINE	
US 6719835 B2	13-04-2004	US 2003101907 A1	05-06-2003

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19523382 A1 [0004]
- DE 69409161 T2 [0004]
- US 5086085 A [0004]
- EP 1077097 A1 [0005] [0012]
- DE 10200427382 [0006]
- DE 10216464 A1 [0010]
- DE 10352574 A1 [0011]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- J.SPRUNK ; W. BLANK ; W. GROSSMANN ; E. HAUSCHILD ; H. RIEKSMEIER ; H.G. ROSSEL-NBRUCH. Feinguss für alle Industriebereiche. 1987 [0002]
- K.A. KREKELER. Handbuch der Fertigungstechnik. Hanser Verlag, 1981, vol. 1 [0002]
- W. TILCH ; E. FLEMING. Formstoffe und Formverfahren. Deutsche Verlag für Grundstoffindustrie, 1993 [0002]
- R.W. PEKALA ; C.T. ALVISO ; F.M. KONG ; S.S. HULSEY. *J. Non-Cryst. Solids*, 1992, vol. 145, 90 [0004]
- R.W. PEKALA ; C.T. ALVISO. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1992, vol. 270, 3 [0004]
- R. PETRICEVIC ; G. REICHENAUER ; V. BOCK ; A. EMMERLING ; J. FRICKE. *J. Non-Cryst. Solids*, 1998 [0004]