



(10) **DE 10 2010 009 148 B4** 2013.10.10

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 009 148.0**  
(22) Anmeldetag: **24.02.2010**  
(43) Offenlegungstag: **25.08.2011**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.10.2013**

(51) Int Cl.: **C04B 38/08** (2006.01)  
**C04B 35/18** (2006.01)  
**C04B 35/101** (2006.01)  
**C04B 35/80** (2006.01)  
**C04B 14/14** (2006.01)  
**C04B 18/08** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**TDH - GmbH Technischer Dämmstoffhandel,  
20539, Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Schoenen, Norbert, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 47441,  
Moers, DE**

(72) Erfinder:  
**Angenendt, Rainer, 46509, Xanten, DE; Genth,  
Peer, 15834, Rangsdorf, DE**

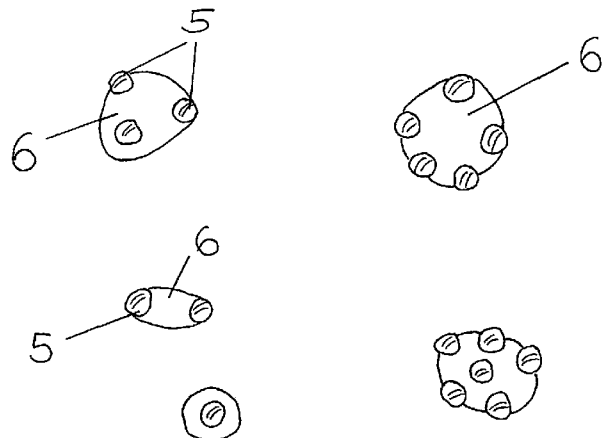
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 10 2007 012 489 A1**

(54) Bezeichnung: **Wärmedämmendes feuerfestes hochtemperaturbeständiges Formteil**

(57) Hauptanspruch: Wärmedämmendes feuerfestes hochtemperaturbeständiges Formteil, welches für Dauereinsatztemperaturen von 1250 bis 1600°C geeignet ist, herstellbar durch Formgebung einer plastischen Masse und Trocknung sowie Brennen, wobei die Masse

- Fasern und/oder Wollastonit,
- Wasser,
- mindestens zwei Leichtfüllstoffe in Form von Cenosphären aus Flugasche und geblähter geschlossenzelliger Vulkanasche, welche mit einer oberflächlichen Wasserschicht ausgestattet sind,
- Kaolin oder Kaolinit,
- als Bindemittel ein organisch-anorganisches Hybrid-Bindemittel, welches feinteilige Kieselsäure und ein organisches Polymer enthält,
- und feinteiliges Siliciumdioxid in Form von Kieselsol oder Kieselerde.

enthält.



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein wärmedämmendes feuerfestes hochtemperaturbeständiges Formteil, welches für Dauereinsatztemperaturen 1250 bis 1600°C geeignet ist.

**[0002]** Unter dem Begriff Leichtfüllstoffe sind hier hochschmelzende mineralische Granulate niedriger Dichte zu verstehen, zum Beispiel Flugasche, geblähte Vulkangesteine, Bläherlit usw.

### Stand der Technik

**[0003]** Feuerleichtsteine sind geformte, feuerfeste Erzeugnisse mit einer Gesamtporosität > 45% und einer Anwendungstemperatur von mindestens 800°C. ASTM C 155-70 und DIN EN 1094 definieren die Temperatur, bei der die Schwindung des Materials nach 24 h bzw. 12 h nicht mehr als 2% beträgt, sowie eine maximale Rohdichte.

**[0004]** Ausgehend vom Chemismus sind Feuerleichtsteine in aluminiumsilikatische Feuerleichtsteine, Silika-leichtsteine, Zirkonleichtsteine und Korundleichtsteine zu unterteilen. Die größte Bedeutung und Verbreitung kommt den Aluminiumsilikatleichtsteinen (Schamotte- und Mullitsteinen) zu.

**[0005]** Zur Herstellung werden Rohstoffe auf der Basis von  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  und eventuell CaO verwendet. Als Tonerdeträger werden Rohstoffe wie Ton, Kaolin, Schamotte, Sillimanit, Andalusit, Kyanit und Mullit sowie Tonerde, Tonerdehydrat und Korund eingesetzt.

**[0006]** Neben den feinkörnigen Rohstoffen kommen auch grobkörnige, poröse Rohstoffe wie Leichtschamotte und Hohlkugeln aus Korund und Mullit zur Anwendung.

**[0007]** Bekannte Feuerleichtsteine haben eine Rohdichte von 0,5 bis 1,4 g/cm<sup>3</sup>, eine Wärmeleitfähigkeit von 0,13 bis 1,3 W/mK bei 400°C, von 0,17 bis 1,2 W/mK bei 800°C, von 0,23 bis 1,1 W/mK bei 1200°C und einen Anwendungstemperaturbereich von 1000°C bis 1800°C. (Quelle: G. Routschka, H. Wuthnow, Taschenbuch Feuerfeste Werkstoffe, 4. Auflage 2007, Vulkan-Verlag GmbH, Essen) S. 354–360).

### Weiterer Stand der Technik

**[0008]** Aus der DE 10 2007 012 489 A1 geht eine Zusammensetzung zur Herstellung eines feuerfesten Formteils hervor, die feuerfeste Hohlkugeln in Form geschlossenporiger Vulkanasche und ein anorganisch-organisches Bindemittel aus einem thermoplastischen Kunststoffpolymer und einem Quellbindemittel auf Basis von Kaolinit enthaltenden Mineralien enthält. Weiterhin enthält die Zusammensetzung Quarzsand. Ein Fasergehalt ist in der Zusammensetzung nicht vorgesehen.

**[0009]** Die Zusammensetzung ist zur Herstellung von isolierenden und exothermen Speisern für die Gießertechnik vorgesehen. Speiser bezeichnet geometrische Angusskörper an Gussteilen, in deren Form das Lunkervolumendefizit bei der Gussteilerstarrung platziert werden soll und welche im Putzvorgang der Gussteile wieder entfernt werden. Die Speiser selbst werden bei diesem Vorgang zerstört (Einwegteile).

**[0010]** Die beschriebenen exothermen Speiser enthalten thermitähnliche Abmischungen, die sehr gefährlich sind.

**[0011]** Die Anwesenheit von Wasser stellt eine große Gefahr bei der Thermitreaktion dar und führt zum explosionsartigen Ausschleudern glutflüssiger Stoffe sowie zu explosionsfähigen Wasserstoff-Sauerstoff-Mischungen (Knallgas). Thermitgemische müssen daher trocken gelagert werden.

**[0012]** Die in der DE 10 2007 012 489 A1 aufgeführten Rezepturen haben einen Wassergehalt von ca. 1,5 bis 2,5%. Es handelt sich also um pulverförmige Abmischungen, die offensichtlich ausschließlich für das Kernschießverfahren hergestellt werden.

**[0013]** Die Abmischungen in der vorliegenden Patentanmeldung enthalten erheblich mehr Wasser und entsprechen daher von ihrer Konsistenz plastischen Massen.

**[0014]** Die in der DE 10 2007 012 489 A1 dargestellte Zusammensetzung lässt sich daher aufgrund ihrer Eigenschaften zur Herstellung der Formteile gemäß der vorliegenden Patentanmeldung nicht einsetzen.

## Aufgabe und Lösung der Erfindung

**[0015]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, äußerst stabile Formteile der eingangs genannten Art bereitzustellen, die eine Dichte von weniger als  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , bis etwa maximal  $1500^\circ\text{C}$  praktisch keinen Schrumpf, nämlich weniger als 1,0% haben, und bis zu dieser Temperatur keine äußeren oder inneren Risse und kein Zerbröseln zeigen und für Dauertemperaturen bis etwa  $1600^\circ\text{C}$  geeignet sind und die eine deutlich höhere Kaltdruckfestigkeit aufweisen als Feuerleichtsteine vergleichbarer Rohdichte und vergleichbarer Wärmeleitfähigkeit zeigen.

**[0016]** Diese Aufgabe wird bei einem feuerfesten Formteil der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

**[0017]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angeführt.

**[0018]** Der Geometrie der Formteile ist grundsätzlich keine Grenze gesetzt. Ziegelsteine, Rohre, Hohlkörper und andere Formteile sind herstellbar.

**[0019]** Zur Herstellung wird von einer wässrigen Masse ausgegangen, die durch bekannte Formgebungsverfahren, nachfolgendes Trocknen und thermische Behandlung in verschiedenen Stufen von  $950$  bis etwa  $1450^\circ\text{C}$  hergestellt werden. So sind zum Beispiel die folgenden Formgebungsverfahren geeignet:

- Vibrationspressen mit niedriger Auflast,
- Isostatisches Pressen,
- Manuelles oder mechanisches Stampfen bzw. Rammen für komplexe Formen oder kleinere Anzahl zu fertigender Teile,
- Strang- bzw. Extrusionsverfahren,
- Schlickergießen, insbesondere für spezielle Teile, aber auch für größere Blöcke, wobei der Wassergehalt der für Schlickergießen hergestellten Massen um ca. 10 bis 20% höher liegt.

**[0020]** Vor dem Brennen ist ein vorsichtiges und möglichst vollständiges Trocknen zu empfehlen, um Trockenrisse oder Fehler nach dem Brennen zu vermeiden. Die Trocknung kann bei Raumtemperatur oder bei Temperaturen von ca.  $70^\circ\text{C}$  vorgenommen werden.

**[0021]** Beim Brennen bei  $950$  bis  $1050^\circ\text{C}$  wird das in der plastischen Ausgangsmasse vorhandene Kaolin in Spinell und Quarz umgewandelt, welches dann als Bindemittel für die bei dieser Temperatur noch nicht geschmolzene Vulkangesteine dient.

**[0022]** Ein weiterer Brand bei ca.  $1250^\circ\text{C}$  lässt aus dem Spinell + Quarz Pseudo-Mullit entstehen. Für Anwendungen oberhalb von  $1350^\circ\text{C}$  ist ein weiterer Brand bei ca.  $1400^\circ\text{C}$  notwendig. Der Pseudo-Mullit setzt sich nun vollständig zu Mullit und Cristobalit um.

**[0023]** Trocknung und Brand verändern das Gefüge der fixierten Cenosphären bis zu ihrem Erweichungs- bzw. Schmelzpunkt nicht. Die ab ca.  $1000^\circ\text{C}$  aufschmelzenden mikrozellulär geblähten Vulkangesteine dienen oberhalb  $1150^\circ\text{C}$  mit den Kieselerten und Kaolin als Flussmittel. Über REM-Aufnahmen konnte nachgewiesen werden, dass dieses Flussmittel sich gleichmäßig über die Cenosphären verteilt und diese beschichtet.

**[0024]** Während die Cenosphären während des Brandes unverändert bleiben, kann die Oberfläche der Cenosphären gezielt durch Zugaben oder Austausch von Mineralien und Einschmelzen in dem Flussmittel den Anforderungen angepasst werden. Bei annähernd gleichen Rohdichten und wärmetechnischen Eigenschaften können Formteile hergestellt werden, die in den beschichteten Oberflächen der Cenosphären, je nach Zuschlagstoff z. B. den sauren Schamotte SS85 ( $85\% \leq \text{SiO}_2 < 93\%$ ) oder den aluminiumreichen Steinen, Schmelz und Sintermullitsteinen M60 ( $55\% \geq \text{Al}_2\text{O}_3 < 65\%$ ) zuzuordnen sind. Somit lassen sich leichte druckfeste, bis  $1600^\circ\text{C}$  verwendbare Formteile mit an den Verwendungszweck angepassten Oberflächen der Cenosphären herstellen.

Eigenschaften und Herstellung der plastischen Masse, die als Ausgangsmaterial zur Herstellung des erfindungsgemäßen wärmedämmenden feuerfesten Formteils dient

**[0025]** Der Gehalt an Fasern und/oder Wollastonit dient zum Zusammenhalt der Masse im feuchten Zustand. Das Hybridbindemittel sorgt für den Zusammenhalt nach Trocknung bei Temperaturen bis etwa  $200^\circ\text{C}$  aufgrund des organischen Bestandteils und bei höheren Temperaturen durch die Sinterung der Kieselsäureparti-

kel. Das eingesetzte Kaolin und das Kieselöl sind ebenfalls ein Bindemittel, welches bei erhöhter Temperatur seine Funktion entfaltet. Die Leichtfüllstoffe, nämlich die mikrozellulär geblähten Vulkangesteine und die Cenosphären sorgen für das notwendige Volumen und für eine relativ niedrige Rohdichte im Vergleich zum Stand der Technik. Die mikrozellulär geblähten Vulkangesteine erweichen bei Temperaturen ab etwa 1000°C und höher und dienen dann als Flussmittel und Bindemittel zwischen den hochtemperaturbeständigen Cenosphären.

**[0026]** Vorteilhaft ist auch, wenn hochschmelzende Zusätze wie Siliciumcarbid, Kohlenstoff, Korund usw. enthalten sind, um chemische, thermische und mechanische Eigenschaft und Beständigkeit des Formteils und der Ausgangsmasse, wie Viskosität, Druckerweichungspunkt, Temperaturbeständigkeit, Schrumpfverhalten und andere Eigenschaften gezielt einstellen zu können.

**[0027]** Die mikrozellulären geblähten Vulkangesteine sind oberflächenbehandelt, um sie gegen Wasserangriff in den plastischen Massen und Mörteln zu schützen, wodurch die Massen lagerbeständig werden. Als Leichtfüllstoff wird zum einen geblähtes zelluläres Vulkangestein in Form nichtporöser Hohlgranulate eingesetzt.

**[0028]** Bei porösen Hohlgranulaten würde sich dagegen die Rohdichte erhöhen, mehr Kleber und mehr Mineralien wären erforderlich, die Massen würden stumpfer und wären damit schlechter zu verarbeiten und die Porosität des Endproduktes würde sich deutlich erhöhen.

#### Flugasche

**[0029]** Hauptbestandteil der erfindungsgemäßen Masse sind Cenosphären aus Flugasche, die insbesondere einen Anteil von 20 bis 45 Gew.-% haben.

**[0030]** Flugasche ist der feste, disperse (teilchenförmige, partikelförmige, staubförmige) Rückstand von Verbrennungen, der auf Grund seiner hohen Dispersität (Feinheit) mit den Rauchgasen ausgetragen wird. Flugasche entsteht in großen Mengen in Wärmekraftwerken und Müllverbrennungsanlagen und muss dort durch Filter aus den Rauchgasen abgeschieden werden. Die Teilchengröße reicht von etwa 1 µm bis 1 mm. An Teilchenformen treten sowohl glatte, massive Kugeln als auch Hohlkugeln (so genannte Cenosphären), Plättchen, Fasern und Agglomerate auf. Die Dichte beträgt 2,2 bis 2,4 kg/dm<sup>3</sup>, die Schüttdichte liegt zwischen 0,9 bis 1,1 kg/dm<sup>3</sup>.

**[0031]** Die Zusammensetzung der Flugasche hängt stark vom Brennmaterial (Braunkohle oder Steinkohle) ab und erstreckt sich von Restkohlenstoff und Mineralien (Quarz) bis hin zu toxischen Stoffen wie Schwermetallen (Arsen bis Zink) und Dioxinen. Dabei wirkt die Flugasche auch als Träger adsorbierter Schadstoffe. Während reine, einheitliche, gleich bleibende Brennstoffe wie Steinkohle eine gut verwertbare Flugasche ergeben, setzt sich die Braunkohlenflugasche (BFA) aus vielen verschiedenen Stoffen zusammen.

**[0032]** Aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften, wie der puzzolanischen Reaktivität, der kugeligen Kornform und der Kornverteilung, ist insbesondere die Steinkohlenflugasche (SFA) ein hochwertiger Sekundärrohstoff und findet im Bauwesen eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten.

**[0033]** Schadstofffreie Flugasche wird in der Baustoffindustrie gemäß DIN EN 450 als Zusatzstoff in Zement und Beton eingesetzt. Des Weiteren kann die Flugasche zur Herstellung von Mauersteinen aus Kalksandstein oder Porenbeton dienen. Im Straßen- und Erdbau wird die Flugasche zusammen mit Gesteinskörnung als Baustoff für ungebundene Tragschichten verwendet.  
(Quelle: Wikipedia)

**[0034]** Nur die Fraktion der Cenosphären wird in den erfindungsgemäßen Massen eingesetzt, da hier die Dichte im Bereich von 0,5–0,9 g/ml und die Schüttdichte mit 0,3–0,6 g/ml erheblich niedriger liegt.

#### Kaolin/Kieselerde/Kieselöl

**[0035]** Kaolin, auch als Porzellanerde oder Aluminiumsilikat bezeichnet, ist ein feines, eisenfreies, weißes Gestein, das als Hauptbestandteil Kaolinit, ein Verwitterungsprodukt des Feldspats, enthält.

**[0036]** Das eingesetzte Kaolin bedeckt als Film den hoch schmelzenden Leichtfüllstoff und bildet bereits bei etwa 900°C eine feste Struktur. Die Festigkeit der Struktur und der Schrumpf wird durch das Verhältnis Kaolin/Kieselerde/Kieselöl und deren Verteilung beeinflusst.

**[0037]** Ein weiterer Vorteil des eingesetzten Gemischs von Kaolin/Kieselerde/Kieselöl liegt darin, dass die Masse nach dem Erhitzen hart und mechanisch stabil ist.

**[0038]** Die hohe mechanische Stabilität ohne Schrumpfen bei Temperaturen bis etwa 1600°C wird erfindungsgemäß durch das Zusammenwirken der wesentlichen Komponenten

- hoch schmelzender Leichtfüllstoff Cenosphären,
- (T bis 1650°C)
- mikrozellulär geblähtes Vulkangestein
- Kaolin, Kieselerde, Kieselöl
- Mineralische Zuschlagstoffe wie Korund, Quarz, Mullit, Calciummagnesiumsilikate, Chromerze, Zirkonsilikat, etc.
- keramische oder andere hochschmelzende Fasern und/oder Wollastonit erreicht.

**[0039]** Vorgeschlagen wird außerdem, dass eine Bindemittelmischung aus mehreren Bindemitteln mit einer Bindewirkung in unterschiedlichen Temperaturbereichen eingesetzt wird.

**[0040]** Die Innovation des erfindungsgemäßen Produktes besteht insbesondere darin, dass geeignete, sich ergänzende Bindemittel-Systeme eingesetzt werden, z. B. das Hybridbindemittel, welches die Stützkonstruktionen aus Fasern bereits bei der Trocknung unter Raumtemperatur mit den Leichtfüllstoffen (geblähte Vulkangesteine) ausreichend vernetzen, um die Struktur bis ca. 200°C zu fixieren. Durch mineralische Bindemittel, z. B. Kaolin, die bereits enthalten sind, sowie die im Hybridbindemittel enthaltene Kieselsäure wird diese Struktur ab ca. 900°C so ausreichend stark verstärkt, dass bei den jeweiligen angestrebten Anwendungstemperaturen ebenfalls kein Schrumpfen erfolgt.

**[0041]** Oberhalb von 1050°C dienen die sich erweichenden mikrozellulär geblähten Vulkangesteine als Flussmittel für die zusätzlichen Mineralien und als Fixierung für die Cenosphären. Durch die durch das Aufschmelzen entstandenen Hohlräume können Spannungen durch Temperaturerhöhung und Ausdehnung innerhalb der Masse abgepuffert werden.

**[0042]** Steigen die Temperaturen weiter an, finden je nach Zuschlagstoff weitere chemische Veränderungen statt. Die Fixierung der Cenosphären bleibt hiervon bis zu deren Erweichungspunkt unberührt und garantiert damit die Formstabilität.

**[0043]** Besonders innovativ ist dabei, dass sich die unterschiedlichen Bindemittel und das hoch schmelzende mineralische Granulat hinsichtlich der bei Temperaturerhöhung erfolgende Verfestigung dieser Materialien so ergänzen, dass ein formstabiles und gewichtskonstantes Produkt mit unterschiedlich einstellbaren Strukturen, Dichten und Festigkeiten bis zu der maximalen Anwendungstemperatur entsteht.

**[0044]** Ein zentraler Kundennutzen beim Einsatz der erfindungsgemäßen Produkte liegt darin, dass neben dem gewünschten Ziel einer effizienten Hochtemperaturisolierung eine signifikante Kostenersparnis im Bereich der Opportunitätskosten für die Kunden realisiert werden kann. Die Senkung dieser Kosten wird vornehmlich durch die Verbesserung der Energiebilanz und auch der Ökobilanz durch Emissionsreduktion für den Kunden erreicht.

**[0045]** Weitere wichtige Vorteile der erfindungsgemäßen Produkte:

- Nicht brennbar
- Geringes Gewicht
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Niedrige Wärmeleitfähigkeit
- Gute Festigkeitseigenschaften
- Einfache Montage und Verarbeitung
- Viele Kombinationsmöglichkeiten
- Geringe Alkalität
- Nicht hygroskopisch
- Chemikalienbeständig
- Gutes elektrisches Isoliervermögen
- Recyclebar
- Deponiefähig

**[0046]** Perlit (englisch: perlite) bezeichnet in den Geowissenschaften ein alteriertes (chemisch und physikalisch umgewandeltes) vulkanisches Glas (Obsidian) und zählt damit zu den Gesteinen. Die so genannte perlitische Struktur wird hier durch etwa erbsengroße Glaskügelchen gebildet. Perlit enthält bis zu 2 Wasser und hat eine Dichte von etwa 900 bis 1000 kg/m<sup>3</sup> (Schüttdichte des Rohperlits). Durch Glühen auf ca. 800°C bis 1000°C bläht sich Perlit auf das fünfzehn- bis zwanzigfache seines Ursprungsvolumens auf und hat dann eine Schüttdichte von 50 bis 100 kg/m<sup>3</sup> und eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,040$  bis  $0,070$  W/mK.

**[0047]** Erfindungsgemäß sind diese Perlite wegen der Porosität nicht einsetzbar.

**[0048]** Erfindungsgemäß geeignet sind dagegen mikrozellular expandierte Vulkangesteine, nach neuen umweltschonenden und energiesparenden Verfahren hergestellt, erzielen Eigenschaften und technische Werte, die es von älteren, porig expandierten Vulkangesteinen ("expandierten Perliten") unterscheidet. Mikrozellulares, expandiertes Vulkangestein ist ein Füllstoff aus der Gruppe der Aluminiumsilikate und setzt sich aus kugeligen ("Bienenwabenstruktur"), stäbchenförmigen und flockigen Teilchen zusammen, woraus hohe Packungsdichten und höhere Verbundfestigkeiten als bei herkömmlichen Mikrohohlkugeln durch mechanische und kohäsive Bindungskräfte resultieren. Gezielte Oberflächenbeschichtungen ermöglichen einen vorteilhaften Verbund mit der anorganischen bzw. organischen Matrix. Hieraus resultiert weniger Schwund und bessere technische Eigenschaften. Kommerziell erhältlich ist geblähtes imprägniertes Perlit z. B. unter dem Handelsnamen NOBLITE® (Produkt der Fa. NOBLITE, Route de Claye, F-77181 LE PIN, Frankreich) und Technoperl® (Produkt der Europerl Deutschland, D-94032 Passau, Nibelungenplatz 4).

#### Erfindungsgemäß eingesetzte Fasern

**[0049]** Insbesondere werden keramische und/oder mineralische hochschmelzende Fasern und/oder organische hochschmelzende Fasern, zum Beispiel Kohlefasern, eingesetzt. Wollastonit ist auch möglich.

**[0050]** Bei Keramikfasern oder keramischen Fasern handelt es sich um Fasern aus anorganischem, nicht-metallischem Material. Ursprünglich sind nur polykristalline anorganische Werkstoffe als keramisch bezeichnet worden. Inzwischen gibt es aber aus verschiedenen Polymeren, sogenannten Precursoren, durch Pyrolyse hergestellte amorphe Fasern, die auf Grund ihrer Eigenschaften als keramische Fasern bezeichnet werden. Die Abgrenzung zu ebenfalls amorphen Glasfasern, die nicht zu den keramischen Fasern gezählt werden, ist am besten durch den Herstellprozess möglich (Glasfasern aus Glasschmelze, amorphe Keramikfasern aus polymeren Vorstufen durch Pyrolyse). Die keramischen Fasern werden in oxidische und nicht-oxidische eingeteilt.

**[0051]** An oxidischen Keramikfasern sind Fasern auf der Basis von Aluminiumoxid und Siliciumdioxid in unterschiedlichen Anteilen und zum Teil noch mit zusätzlichem Boroxid oder Zirkonoxid bekannt. Mischoxidfasern aus 85% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 15 SiO<sub>2</sub> werden auch als Mullitfasern bezeichnet. Alle diese Fasern sind polykristallin.

**[0052]** An nichtoxidischen, industriell hergestellten Fasern (außer den Kohlenstofffasern) sind verschiedene Typen von Siliciumcarbidfasern bekannt. Ausgangspolymere sind fast ausschließlich sogenannte Poly-Carbosilane. Es handelt sich hierbei um Polymere aus Kohlenwasserstoffen, in denen einzelne Kohlenstoff- durch Siliciumatome oder Silane, in denen einzelne Silicium- durch Kohlenstoffatome ersetzt worden sind. Durch Zusätze werden die Polymere in einem Härtingsprozess vernetzt, damit sie nach dem Spinnprozess bei der Pyrolyse nicht einfach verdampfen, sondern – wie bei der Herstellung von Kohlenstofffasern – in eine amorphe, meist nicht-stöchiometrische, noch freien Kohlenstoff enthaltende SiC-Keramikfaser umgewandelt werden. Bei speziellen Herstellverfahren ist auch die Herstellung sehr feinkristalliner und reiner SiC-Fasern mit deutlich verbesserten Hochtemperatureigenschaften möglich.

#### Erfindungsgemäß eingesetztes Hybridbindemittel

**[0053]** Vorzugsweise wird ein organisch-anorganisches Hybridbindemittel eingesetzt, welches unter dem Handelsnamen COL.9® der Firma BASF erhältlich ist. Es enthält 50 bis 100 nm große zusammengesetzte Partikel, welche amorphe Kieselsäurepartikel **5** und ein Polymer **6** auf der Basis von n-Butylacrylat und Methylmethacrylat enthalten (siehe [Fig. 1](#)). Die Partikel sind in Wasser dispergiert. Durch die Klebrigkeit der Partikel aufgrund des Polymergehaltes erhält man ein ausgezeichnetes Bindemittel für niedrige Temperaturen, etwa bis 200°C. Bei erhöhten Temperaturen zersetzt sich der Polymeranteil und die Kieselsäurepartikel bleiben übrig und damit die Struktur erhalten, wobei die Kieselsäurepartikel bei einer entsprechend hohen Temperatur ebenfalls ein festes Gerüst bildet. Ein Schrumpf tritt daher weder bei niedriger noch bei erhöhter Temperatur auf. Das Bindemittel hat einen Festkörpergehalt von etwa 35 bis 40 Gew.-%. Der Silicatanteil, bezogen auf den Feststoffgehalt, beträgt 30 bis 50 Gew.-%.

Erfindungsgemäß eingesetzte Kieselerde

**[0054]** Vorzugsweise wird eine oberflächenbehandelte Kieselerde eingesetzt. Unter Kieselerde versteht man ein inniges Gemisch von feinteiliger Kieselsäure und Kaolinit. Bekannt ist zum Beispiel die Neuburger Kieselerde, die erfindungsgemäß bevorzugt eingesetzt wird. Für die bessere Benetzbarkeit mit Wasser ist die Kieselerde mit einem Silan behandelt, so dass die einzelnen Partikel eine funktionelle hydrophile Oberfläche erhalten.

**[0055]** Erhältlich ist eine derartige aktivierte Kieselerde unter dem Handelsnamen „AKTISIL EM®“ der Firma Hoffmann Mineral GmbH, Neuburg (Donau). Hier ist die Kieselerde mit 3-Epoxypropyloxypropyltrimethoxisilan behandelt. Diese so genannte aktivierte Kieselerde kann in Pulverform eingesetzt werden. Möglich ist erfindungsgemäß aber auch der Einsatz eines Gemisches von Kieselsäuresol und Kaolin/Kaolinit.

Herstellungsbeispiele und Beispielrezepturen für die zur  
Herstellung der Formteile eingesetzte plastische Masse

Vorbereitung

**[0056]** Als erstes sind alle flüssigen Komponenten der Rezeptur aufzumischen; dann werden die Komponenten getrennt nach der Rezeptur genau abgewogen.

Stufe 1

Zu verwendender Mischer: z. B. beba Zwangsmischer

**[0057]** Alle flüssigen Rohstoffe sind mit dem Wasser zu mischen (Schaumbildung vermeiden); anschließend werden die Fasern per Hand zerrupft und mit der Wassermischung benetzt, bis sie komplett durchfeuchtet sind.

Stufe 2

**[0058]** Zugabe der 1. Hälfte der Cenosphären. Nun wird bei geschlossenem Deckel gemischt.  
Mischzeit: ca. 10 Minuten

Stufe 3

**[0059]** Nun erfolgt die Zugabe der mineralischen Zuschlagstoffe wie Kaolin, Korund, Kieselerde, etc.  
Mischzeit: 20 Minuten

**[0060]** Die Vormischung erhält nun eine sämige Konsistenz und darf keine Klumpen mehr enthalten. Sollten noch Klumpen vorhanden sein, per Hand zerrupfen, nochmals bei gleicher Einstellung so lange nachmischen, bis keine Klumpen mehr vorhanden sind.

Stufe 4

**[0061]** Nun muss die 2. Hälfte der Cenosphären unter die Masse geknetet werden.  
Mischzeit: 15 Minuten

Stufe 5

**[0062]** Zugabe des mikrozellularen geblähten Vulkangesteins. Anschließend wird bei geschlossenem Deckel gemischt.  
Mischzeit: 25 Minuten

**[0063]** Die Masse muss je nach Verarbeitungsart einer lockeren Schüttung bis einem gießfähigen Mörtel entsprechen.

**[0064]** Die nun fertig gestellte Mischung wird nun mittels eines der oben genannten Formgebungsverfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Formteile eingesetzt.

**[0065]** Grundsätzlich sind alle Formgebungsverfahren möglich, die für halbtrockene Massen über plastische Massen bis hin zu gießfähigen Massen geeignet sind. Speziell bei Verfahren mit Druck oder hohen Scherkräften wie Extrudieren ist auf die begrenzte Belastbarkeit der Leichtfüllstoffe zu achten.

#### Beispielrezeptur

200 kg Ansatz:

Wasser	60,00 kg
Keramische Faser „Altra B80®“ der Firma Rath	8,10 kg
Bindemittel „COL.9®“ von Fa. BASF	2,00 kg
Kieselsol „Levasil 200A/30®“ von Fa. Akzo Nobel Chemicals	8,20 kg
Aluminiumhydroxyd Trefil® 744-300 EST von Fa. Quarzwerke	20,40 kg
„Cenosphäres W300“ von Fa. Omega Minerals	51,40 kg
Mikrozelluläres geblähtes Vulkangestein „Noblite 200 EC®“ von Fa. Noblite	21,60 kg
Kieselerde „Aktisil EM®“ von Fa. Hoffmann Mineral	10,40 kg
Korund „Sepasil® EK-R 220 MST“ von Fa. Quarzwerke	17,90 kg

#### Patentansprüche

1. Wärmedämmendes feuerfestes hochtemperaturbeständiges Formteil, welches für Dauereinsatztemperaturen von 1250 bis 1600°C geeignet ist, herstellbar durch Formgebung einer plastischen Masse und Trocknung sowie Brennen, wobei die Masse

- Fasern und/oder Wollastonit,
  - Wasser,
  - mindestens zwei Leichtfüllstoffe in Form von Cenosphären aus Flugasche und geblähter geschlossenzelliger Vulkanasche, welche mit einer oberflächlichen Wasserschutzschicht ausgerüstet sind,
  - Kaolin oder Kaolinit,
  - als Bindemittel ein organisch-anorganisches Hybrid-Bindemittel, welches feinteilige Kieselsäure und ein organisches Polymer enthält,
  - und feinteiliges Siliciumdioxid in Form von Kieselsol oder Kieselerde.
- enthält.

2. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es eine einheitliche Art von Fasern oder ein Gemisch unterschiedlicher Fasern, insbesondere keramische Fasern, mit einem Erweichungspunkt von mindestens 1250°C und/oder Wollastonit enthält.

3. Formteil nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgende Zusammensetzung:

Cenosphären	von 30–60 Gew.-%
mikrozelluläres geblähtes Vulkangestein	von 10–40 Gew.-%
Siliciumdioxid (SiO <sub>2</sub> )	von 40–70 Gew.-%
Aluminiumoxid (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	von 15–65 Gew.-%
Fasern	bis 10 Gew.-%
Wollastonit	bis 30 Gew.-%.

4. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass hochschmelzende Zusätze wie Siliciumcarbid, Kohlenstoff, Korund enthalten sind.



5. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ausgebildet ist als Normstein, Mauerstein, Ofentür oder Wärmedämmplatte oder als Auskleidung für Transportwagen in Keramik-Brennöfen oder als Innenisolation der Deckel von Transporttiegel für flüssiges Metall oder als Innenisolation der Transporttiegel für flüssiges Metall oder als Rinnenstein für flüssiges Metall oder als Feuerwendestein für den Kraftwerks- und Industrieanlagenbau oder als Abdeckplatte für Herdwagen in Brennöfen für Keramik und Porzellan.

6. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das in der plastischen Masse eingesetzte Hybridbindemittel feine Partikel enthält, die wiederum aus amorphen Kieselsäurepartikeln (5) zusammengesetzt sind, die als Bindemittel ein Polymer (6) auf Acrylatbasis enthalten, insbesondere n-Butylacrylat und Methylmethacrylat.

7. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der plastischen Masse eine modifizierte Kiesel-erde eingesetzt wird, die feine Kieselsäure-Kaolinit-Partikel enthält, deren Oberfläche mit einem Netzmittel, insbesondere einem Silan beschichtet ist.

8. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die plastische Masse eine einheitliche Art von Fasern oder ein Gemisch unterschiedlicher Fasern, insbesondere keramische Fasern, mit einem Erweichungspunkt von mindestens 1250°C und/oder Wollastonit enthält.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

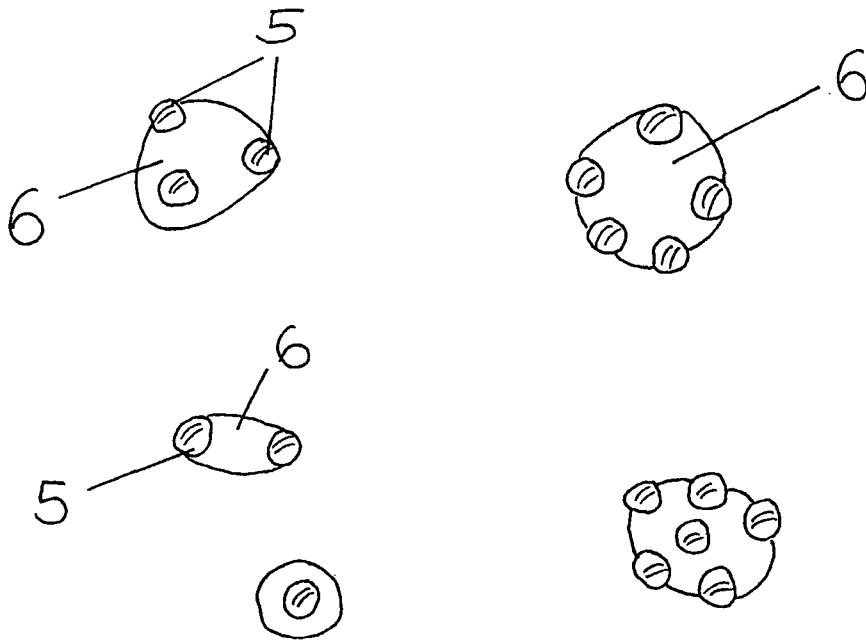


Fig. 1