



(12) Ausschließungspatent

(11) **DD 288 146 A5**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 04 B 38/00  
B 32 B 5/18  
B 05 D 1/14  
B 29 C 67/20

**DEUTSCHES PATENTAMT**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 04 B / 328 098 0

(22) 28.04.89

(44) 21.03.91

(71) siehe (73)

(72) Hargus Phillip M.; Mula, Joseph A.; Redden, Myron K., US

(73) Schweizerische Aluminium AG, Neuhausen, CH

(74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, O - 1020 Berlin, DE

(54) **Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials und ein erzeugtes keramisches Schaummaterial**

(55) keramisches Schaummaterial; Schaumfilter; offenzelliger flexibler Schaum; Adhäsiv; Imprägnierung; keramischer Schlicker; Trocknen; Brennen; Lösung; Beflockungsbeschichtung

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials und ein erzeugtes keramisches Schaummaterial. Dieses Material ist insbesondere als keramischer Schaumfilter einsetzbar. Erfindungsgemäß wird es hergestellt durch Aufbringen eines die Adhäsion fördernden Mittels auf mindestens eine Seite eines offenzelligen flexiblen Schaums mit einer Vielzahl untereinander verbundener, mit einem netzartigen Gewebe des flexiblen Schaums umgebender Poren, Imprägnieren des flexiblen, mit dem die Adhäsion fördernden Mittel versehenen Schaums mit einem keramischen Schlicker, Trocknen, Erhitzen des imprägnierten Materials, um die organische Komponente daraus zu entfernen, und Brennen bei einer erhöhten Temperatur. In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Beflockungsbeschichtung vor der Imprägnierung aufgebracht. Die Beflockungsbeschichtung auf die Oberfläche des flexiblen Schaums kann entweder durch Aufbringen der Fasern auf die Oberfläche vorher aufgebrachte, ein Adhäsiv enthaltende Lösung oder durch direktes Aufbringen einer das Adhäsiv und die Fasern enthaltenden Lösung auf die Oberfläche erfolgen.

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein flexibles, poröses, organisches Polymerschaummaterial in einem ersten Verfahrensschritt auf wenigstens einer Seite durch Aufbringen eines die Adhäsion fördernden Materials und eines Beflockungsmittels mit einer Adhäsivbeschichtung versehen wird, in einem zweiten Verfahrensschritt das so behandelte Schaummaterial mit einem keramischen Schlicker imprägniert wird, wobei die Adhäsivbeschichtung die Adhäsion zwischen dem Schaummaterial und dem keramischen Schlicker fördert, und der imprägnierte Schaum nach dem Trocknen und Erhitzen bei einer erhöhten Temperatur gebrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adhäsivbeschichtung durch das Aufbringen einer, das die Adhäsion fördernde Material enthaltenden Lösung auf wenigstens einer Seite des flexiblen Schaummaterials erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Aufbringen der Lösung auf zwei sich gegenüber liegenden Seiten erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adhäsivbeschichtung durch Aufsprühen einer, das die Adhäsion fördernde Material enthaltenden Lösung auf wenigstens einer Seite des flexiblen Schaummaterials erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lösung ein in Wärme abbindendes, die Adhäsion förderndes Material enthält und nach Aufbringen desselben auf wenigstens einer Seite des flexiblen Schaummaterials wenigstens diese Seite desselben erwärmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Beflockungsmaterial auf wenigstens einer Seite des Schaummaterials auf das vorher darauf aufgebrachte, die Adhäsion fördernde Material aufgebracht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Beflockungsmaterial aus Baumwollfasern, Rayonfasern, Nylonfasern, Acrylfasern, Fiberglasfasern,  $Al_2O_3$ -Fasern, Alumosilicatfasern, SiC-Fasern,  $ZrO_2$ -Fasern, Kohle- oder Graphitfasern oder aus Mischungen davon besteht.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Beflockungsmaterial derart aufgebracht wird, daß der Porenbereich in dem Schaummaterial weniger als etwa 35% reduziert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beflockungsbeschichtung vor dem zweiten Verfahrensschritt der Imprägnierung mit keramischem Schlicker erwärmt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schaummaterial aus einem offenzelligen, hydrophoben Polyurethanschaummaterial mit einer Vielzahl untereinander verbundener und mit einem netzartigen Gewebe umgebener Poren besteht und der zweite Verfahrensschritt der Imprägnierung durch Eintauchen des Schaummaterials mit der Adhäsivbeschichtung in einen wäßrigen thixotropen Schlicker, der eine wäßrige Suspension eines keramischen Materials enthält, erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das keramische Material aus SiC,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $ZrO_2$  mit  $Al_2O_3$ , teilstabilisiertes  $ZrO_2$ ,  $Cr_2O_3$ , MgO, Cordierit oder Mullit oder aus Mischungen davon besteht.
12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Verfahrensschritt des Aufbringens des die Adhäsion fördernden Materials und des Beflockungsmittels gleichzeitig erfolgt.
13. Keramisches Schaummaterial, **dadurch gekennzeichnet**, daß es aus einem keramischen Körper mit einer Vielzahl untereinander verbundener, mit einem netzartigen Gewebe umhüllter Poren besteht und aus einem flexiblen organischen Polymerschaum, der durch Beschichtung mit einem die Adhäsion fördernden Material und Beflockungsmaterial, Imprägnierung mit einem keramischen Schlicker und Brennen bei einer erhöhten Temperatur hergestellt ist.
14. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß es aus einem offenzelligen keramischen Körper mit einer Vielzahl untereinander verbundener, durch ein netzartiges Gewebe gebildeter Poren besteht, wobei das Gewebe eine innere Festigkeitsstruktur bildet.
15. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß es eine erhöhte Kantenqualität aufweist.

16. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Festigkeitsstruktur durch mit keramischem Material umhüllte Hohlräume gebildet ist.
17. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Filter für eine Metallschmelze ist.
18. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der keramische Körper aus SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verstärktem ZrO<sub>2</sub>, teilstabilisiertem ZrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Cordierit, Mullit oder aus Mischungen davon besteht.
19. Keramisches Schaummaterial nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Bruchlast von über 445 N aufweist.

Hierzu 1 Seite Fotografie

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials und ein erzeugtes keramisches Schaummaterial. Dieses Material ist insbesondere als keramischer Schaumfilter einsetzbar.

#### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Poröse keramische Schaummaterialien sind bekannt. Diese sind besonders geeignet zur Filtration von geschmolzenem Metall, insbesondere von geschmolzenem Aluminium und Aluminiumlegierungen. Die US-Patente 3893917; 3947363; 3962081; 4024056; 4074212; 4075303; 4265659; 4342644 und 4343704 beschreiben einige der als Filter genutzten keramischen Schaummaterialien.

Die keramischen Schaummaterialien, welche als Filter eingesetzt werden, werden typischerweise hergestellt durch Imprägnieren eines offenzelligen hydrophoben flexiblen Schaummaterials mit einem ein keramisches Material enthaltenden wäßrigen Schlicker, Quetschen des organischen Schaums, um den überschüssigen Schlicker zu entfernen, Anwendung eines Luftgebläses, um irgendeine Oberflächenblockierung zu öffnen, Trocknen und Erhitzen des imprägnierten Schaums, um die organischen Komponenten auszubrennen, und Brennen des Schaumkörpers bei einer erhöhten Temperatur. Eine große Vielfalt von Schlickern ist mit dem Ziel, einen keramischen Schaumfilter herzustellen, der eine besonders hohe Temperaturfestigkeit und Formstabilität unter den harten Bedingungen des Gebrauchs beim Filtrieren von geschmolzenem Metall aufweist, angewendet worden. Nach dem US-Patent 4610832 wird ein Metallschmelzefilter dadurch hergestellt, daß ein eine thixotrope keramische Zusammensetzung, welche ein gelförmiges Aluminiumoxidhydrat enthält, aufweisender Schlicker verwendet wird.

Bei einigen Verfahren zur Herstellung eines Schaummaterials enthält der keramische Schlicker keramische Fasern. Das US-Patent 4265659 beschreibt ein derartiges Verfahren, wobei zu einem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Bentonit, Kaolin und einen luftabbindenden Zusatz enthaltenden Schlicker keramische Fasern hinzugefügt sind. Das US-Patent 4391918 verweist ebenfalls auf ein Verfahren, wobei keramisches Fasermaterial zu einem Schlicker hinzugefügt ist. Die Fasern werden als Rißwachstumshemmer eingesetzt und erhöhen dabei die Festigkeit des Filterelements.

Es ist weiterhin bekannt, beflockte Polyurethanschäume als Befeuchter und dergleichen zu verwenden, wobei die Beflockung zur Oberflächenvergrößerung dient. Diese Art Schäume sind allgemein kaum geeignet zur Herstellung von keramischen Schaumfiltern, weil der erhebliche Anteil der Beflockung die Schlickerpenetration verhindert.

Bei aus retikulierten organischen Schäumen hergestellten Filtern begegnet man gewissen Problemen, wenn die Herstellung bestimmte Schlickertypen einschließt. Filter, die ohne zusätzliche Verfahren wie Sprühen oder Tauchen nach der Imprägnierung hergestellt werden, können schwache oder brüchige Oberflächen und schlechte Kantenqualität aufweisen, oder sind in einigen Fällen wesentlich schwächer als für einige Anwendungen erwartet wird. Verfahren, die Sprühen oder Tauchen einschließen, wurden mit dem Ziel der Verbesserung der keramischen Beschichtung angewendet. Oft haben die Oberflächen der Schaumsubstrate scharfe Ausformungen, die schwierig zu beschichten sind.

Darüber hinaus sind die netzartigen Ausbildungen des Schaumsubstrats allgemein dreieckförmig ausgebildet, und die Spitzen eines Dreiecks können nicht gut bedeckt werden. Jedoch erzeugt das Sprühen nach dem Imprägnieren oft einen unerwünschten Laminareffekt. Die aufgesprühte Schicht ist auf einer getrockneten Schicht aufgetragen, und die Bindung ist schwach. Auch kann das Sprühen einiges von dem anfänglich getrockneten imprägnierten Schlicker abwaschen und die Struktur schwächen. Das Sprühen muß daher sorgfältig kontrolliert werden, was die Herstellung zusätzlich kompliziert.

#### Ziel der Erfindung

Der Erfindung liegt das Ziel zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials und ein erzeugtes keramisches Schaummaterial so auszubilden, daß durch das Verfahren eine effektive Technologie erreicht wird, welche ein keramisches Schaummaterial mit gleichbleibenden, hohen Gebrauchswerteigenschaften möglich macht.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schaummaterials und ein erzeugtes keramisches Schaummaterial zu schaffen, wobei eine vollständige Beschichtung des Grundmaterials erreicht wird und das fertiggestellte keramische Schaummaterial gute mechanische Eigenschaften aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, bei dem ein flexibles, poröses, organisches Polymerschäummaterial in einem ersten Verfahrensschritt auf wenigstens einer Seite durch Aufbringen eines die Adhäsion fördernden Materials und eines Beflockungsmittels mit einer Adhäsivbeschichtung versehen wird, in einem zweiten Verfahrensschritt das so behandelte Schaummaterial mit einem keramischen Schlicker imprägniert wird, wobei die Adhäsivbeschichtung die Adhäsion zwischen dem Schaummaterial und dem keramischen Schlicker fördert, und der Imprägnierte Schaum nach dem Trocknen und Erhitzen bei einer erhöhten Temperatur gebrannt wird.

Es wurde gefunden, daß die Adhäsion zwischen dem flexiblen Schaummaterial und dem Schlicker durch Aufbringen einer adhäsiven Beschichtung auf den flexiblen Schaum vor der Schlickerimprägnierung erhöht werden kann. Es wurde ferner gefunden, daß das Aufbringen des Adhäsivs die Elastizität des Schaums verbessert und die Imprägnierung erleichtert. Es ist möglich, daß die Adhäsivbeschichtung durch das Aufbringen einer das die Adhäsion fördernden Materials enthaltenden Lösung auf wenigstens einer Seite, aber auch auf von sich gegenüberliegenden Seiten des flexiblen Schaummaterials erfolgt. Es kann sich dabei um eine wäßrige oder alkoholische Lösung handeln, die ein an sich bekanntes Adhäsiv enthält. Die Lösung kann dabei eine dünnflüssige, sprühbare Lösung oder eine dickflüssige Lösung sein, die in den Schaum eingearbeitet werden muß. Dabei ist es möglich, daß die Lösung ein in Wärme abbindendes, die Adhäsion förderndes Material enthält und nach Aufbringen desselben auf wenigstens einer Seite des flexiblen Schaummaterials wenigstens diese Seite desselben erwärmt wird. In weiterer Ausbildung der Erfindung kann das Beflockungsmaterial auf mindestens einer Seite des Schaummaterials auf das vorher darauf aufgebraute, die Adhäsion fördernde Material aufgebracht werden. Dieses Aufbringen kann durch Aufblasen oder elektrostatische Ablagerung erfolgen.

Es wurde gefunden, daß die beflockte Beschichtung besonders geeignet ist, indem sie die hydrophilen Eigenschaften der Oberfläche des Schaummaterials erhöht, was zu einer Verbesserung der keramischen Beschichtung führt.

Das Beflockungsmaterial kann aus Baumwollfasern, Rayonfasern, Nylonfasern, Acrylfasern, Fiberglasfasern,  $Al_2O_3$ -Fasern, Alumosilicatifasern, SiC-Fasern,  $ZrO_2$ -Fasern, Kohle- oder Graphitfasern oder aus Mischungen davon bestehen.

Zweckmäßigerweise wird das Beflockungsmittel derart aufgebracht, daß der Porenbereich in dem Schaummaterial weniger als etwa 35% reduziert wird.

Vorzugsweise wird die Beflockungsbeschichtung vor dem zweiten Verfahrensschritt der Imprägnierung mit keramischem Schlicker erwärmt.

In weiterer Ausbildung der Erfindung besteht das Schaummaterial aus einem offenzelligen, hydrophoben Polyurethanschaummaterial mit einer Vielzahl untereinander verbundener und mit einem netzartigen Gewebe umgebenen Poren, und der zweite Verfahrensschritt der Imprägnierung erfolgt durch Eintauchen des Schaummaterials mit der Adhäsivbeschichtung in einen wäßrigen thixotropen Schlicker, der eine wäßrige Suspension eines keramischen Materials enthält.

Dabei besteht vorteilhafterweise das keramische Material aus SiC,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $ZrO_2$  mit  $Al_2O_3$ , teilstabilisiertem  $ZrO_2$ ,  $Cr_2O_3$ , MgO, Cordierit oder Mullit oder aus Mischungen davon. Es ist auch möglich, daß der erste Verfahrensschritt des Aufbringens des die Adhäsion fördernden Materials und des Beflockungsmaterials gleichzeitig erfolgt.

Das keramische Schaummaterial der vorliegenden Erfindung enthält einen keramischen Körper mit einer Vielzahl von untereinander verbundenen Poren, welche durch ein keramisches netzartiges Gewebe umhüllt sind. Dieser keramische Körper wird aus einem mit einem Adhäsiv beschichteten, flexiblen, porösen organischen Polymerschäum, der mit einem keramischen Schlicker imprägniert und bei einer erhöhten Temperatur gebrannt ist, hergestellt. Vorteilhafterweise besteht das keramische Schaummaterial aus einem offenzelligen keramischen Körper mit einer Vielzahl von untereinander verbundenen Poren, welche durch ein keramisches netzartiges Gewebe, welches innere Festigkeitsstrukturen aufweist, gebildet ist.

Das keramische Schaummaterial weist vorzugsweise eine erhöhte Kantenqualität auf.

In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die inneren Festigkeitsstrukturen innere, von Keramik umhüllte Hohlräume. Es ist als ein Filter für eine Metallschmelze einsetzbar.

Das keramische Schaummaterial besitzt sehr gute mechanische Eigenschaften, wobei es eine Bruchlast von über 445 N aufweist.

#### Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

Fig. 1: ein Schliffbild eines Querschnitts eines keramischen Schaummaterials in 13facher Vergrößerung;

Fig. 2: ein Schliffbild eines Querschnitts eines angrenzend an das netzartige Gewebe hohe Festigkeitsstrukturen einschließenden keramischen Schaummaterials in 31facher Vergrößerung;

Fig. 3: ein Schliffbild einer netzartigen Gewebestruktur eines keramischen Schaummaterials ohne Adhäsiv- oder Faserbehandlung in 40facher Vergrößerung.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein keramisches Schaummaterial, insbesondere als keramischer Schaumfilter, aus einem offenzelligen, vorteilhaft hydrophoben, flexiblen Schaummaterial mit einer Vielzahl untereinander verbundener Hohlräume, die mit einem netzartigen Gewebe von dem besagten flexiblen Schaummaterial umgeben sind, hergestellt. Typische Materialien, die verwendet werden können, enthalten Polymerschäume wie die bevorzugten Polyurethan- und Zelluloseschäume. Allgemein kann jeder verbrennbare organische Kunststoffschäum, der eine Rückfederkraft und die Eigenschaft, in die ursprüngliche Ausgangslage zurückzugehen, aufweist, verwendet werden. Der Schaum muß bei oder unterhalb der Brenntemperatur ausbrennen oder sich verflüchtigen.

Das flexible Schaummaterial wird vor dem Eintauchen in den wäßrigen keramischen Schlicker mit einem Adhäsiv und vorteilhaft mit einem Beflockungsmaterial zusätzlich zum Adhäsiv behandelt, um die Adhäsion zwischen dem Schaummaterial und dem keramischen Schlicker zu fördern, die Beschichtung der Netze zu verbessern und die Elastizität des Schaums vor dem Imprägnieren zu erhöhen. Es wird angenommen, daß die Anwendung der Adhäsivbehandlung die Schaummaterialoberflächenbenutzbarkeit durch den Schlicker beeinflußt und dadurch die Adhäsion zwischen Schlicker und Schaum fördert. Als Folge daraus wird eine dickere keramische Beschichtung mit vollständigerer Bedeckung gebildet.

Durch die Vorbehandlung wird vermieden, daß die scharfen Ausbildungen, die auf der Schaumoberfläche vorhanden sind, nur dünn beschichtet oder nicht beschichtet sind. Weitere Vorteile der Vorbehandlung nach der vorliegenden Erfindung sind die Verhinderung der Notwendigkeit einer Sprühbeschichtung nach der Schlickerimprägnierung, ein Anstieg der hydrophilen Eigenschaften des Schaummaterials, eine Reduktion und tatsächliche Elimination des Schneiens des keramischen Schaummaterials und eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise der Festigkeit.

Die Adhäsivvorbehandlung nach der vorliegenden Erfindung schließt das Aufbringen eines die Adhäsion fördernden Materials auf wenigstens eine Schaumoberfläche ein. Üblicherweise wird das die Adhäsion fördernde Material auf zwei sich gegenüber liegenden Seiten des Schaummaterials aufgebracht. Das die Adhäsion fördernde Material kann irgendein geeignetes bekanntes Adhäsiv sein. Zum Beispiel könnte das Adhäsiv ein wärmeabbindendes oder ein an Luft abbindendes oder ein Kontaktadhäsiv sein. Üblicherweise wird das Adhäsiv bei Temperaturen, denen das Schaummaterial während des Herstellungsverfahrens ausgesetzt ist, abdampfen.

Das Adhäsivmaterial kann in gelöster Form auf das Schaummaterial aufgebracht werden. Obwohl wäßrige Lösungen bevorzugt werden, können auch alkoholische Lösungen gebraucht werden. Wenn die Lösung dünnflüssig ist, ist es vorteilhaft, sie durch Sprühen auf den Schaum aufzutragen. Wenn jedoch die Lösung relativ dickflüssig ist, kann sie auch in den Schaum eingearbeitet werden. Üblicherweise hat eine das Adhäsiv enthaltende Lösung eine Viskosität im Bereich von etwa 1000 bis etwa 80000 Centipoise, vorzugsweise von etwa 5000 bis etwa 40000 Centipoise.

In einer bevorzugten Vorbehandlung wird die Adhäsion des Schlickers auf das Schaummaterial durch eine Beflockung zusätzlich zum Adhäsivmaterial weiter verbessert. Das Beflockungsmittel kann organische oder anorganische Fasern enthalten.

Organische Fasern verflüchtigen sich während des Erhitzens in analoger Weise wie das Schaummaterial. Die organischen Fasern können natürliche organische Fasern wie Baumwolle oder Holzfasern oder synthetische organische Fasern wie Rayon, Nylon oder Acrylfasern einschließen, sind darauf aber nicht beschränkt. Anorganische Fasern verflüchtigen sich während des Brennens der Keramik nicht und sind üblicherweise mit dem Schlicker der Keramik umhüllt. Die anorganischen Fasern können Glas-,  $Al_2O_3$ -, Alumosilikat-, SiC-,  $ZrO_2$ - und Kohle- oder Graphitfasern einschließen, sind darauf aber nicht beschränkt. Die Faserlängen können entsprechend der Porengröße des Schaummaterials von „kurz“ zu „mittel“ und zu „lang“ variiert werden. Die normale Länge der Fasern beträgt weniger als 0,3 mm. Der Anteil der aufgetragenen Fasern kann ebenfalls variiert werden. Das Beflockungsmittel kann entweder als Teil der als Adhäsiv enthaltenden Lösung aufgebracht werden oder nach der Applikation des Adhäsivmaterials. Zum Beispiel kann die Beflockungsbeschichtung hergestellt werden durch Aufbringen des Adhäsivs auf eine erste Oberfläche, Aufbringen des Beflockungsmittels auf diese Oberfläche, während die Adhäsivbeschichtung noch klebrig ist, Trocknen der Oberfläche, Umdrehen des Schaummaterials und Wiederholung der Behandlung auf der anderen Oberfläche. Die Behandlung kann auch an den Schaumkanten bzw. -seiten erfolgen. Wenn notwendig, kann die mit dem Adhäsiv beschichtete Oberfläche erwärmt werden, um diese vor dem Aufbringen des Flockungsmittels klebrig zu machen. Es können auch, wenn notwendig, Trägerstoffe für die Fasern während der Beflockung und Binder, um diese am Ort zu halten, zur Anwendung kommen. Die Stoffe und/oder Binder können auch organische und anorganische Stoffe oder deren Kombinationen einschließen. Mögliche organische Stoffe enthalten an der Luft abbindende Kleber. Anorganische Stoffe können Silikat- oder Phosphatbinder enthalten.

Die Beflockung kann in jeder geeigneten, an sich bekannten Weise aufgebracht werden, wenn diese separat erfolgt. Zum Beispiel kann die Beflockung mechanisch unter Anwendung eines Gebläses oder Klopferwerks, durch elektrostatische Ablagerung oder durch deren Kombination aufgebracht werden. Beim Aufbringen der Beflockung ist es wesentlich, daß das Beflockungsmittel den Porenraum nicht um mehr als 35% reduziert. Darüber hinaus liegende überschüssige Fasern können durch Saugen oder Blasen entfernt werden.

Einer der Vorteile der vorliegenden Erfindung ist, daß man sowohl nur die Oberflächen mit dem Adhäsiv oder der Beflockung als auch den Schaum durch und durch beschichten kann, was natürlich von der Porengröße/Beflockungsmittel-Verhältnis abhängt. Wenn die Porengröße kleiner wird, wird selbstverständlich die Möglichkeit zur Gesamtbeflockung eingeschränkt. Andere Vorteile des Aufbringens der Adhäsivbeschichtung oder der Beflockung bestehen in der zusätzlichen Erhöhung der Elastizität des Schaums, was ihn leichter imprägnieren und in die gewünschte Form schneiden läßt. Höher elastische Schäume sind leichter zu imprägnieren, weil sie eine höhere Rückstellkraft während des Einarbeitens aufweisen, was den Beschichtungsprozeß und die Erhaltung der Dimensionsstabilität des Schaums unterstützt.

Nachdem die Adhäsiv- oder Beflockungsbeschichtung aufgetragen worden ist, wird das Schaummaterial mit einem keramischen Schlicker imprägniert. Vorteilhaft ist es, einen wäßrigen keramischen Schlicker zu verwenden, der thixotrop ist und einen relativ hohen Fließfähigkeitsgrad aufweist, und aus einer wäßrigen Lösung des gewünschten keramischen Materials besteht. Jeder geeignete Schlicker, der die obigen Merkmale aufweist, beispielsweise einer der SiC enthält, kann benutzt werden. Wenn ein SiC-Schlicker angewendet wird, um einen keramischen Filter herzustellen, sollte die SiC-Komponente vorteilhaft eine Korngröße von -325 mesh beziehungsweise kleiner 45  $\mu m$  aufweisen; jedoch kann auch SiC mit einer Korngröße von -100 mesh beziehungsweise kleiner/gleich 150  $\mu m$  verwendet werden. Die Möglichkeit der Verwendung von feinkörnigem keramischem Material wie beispielsweise Feinkorn von 10  $\mu m$  oder kleiner ist ein markanter Vorteil, insbesondere unter dem Kostengesichtspunkt. Der Feststoffgehalt der Zusammensetzung muß wenigstens 50% SiC betragen.

Es ist möglich, zusätzliche keramische Materialien in Kombination mit der SiC-Komponente zu verwenden.  $Al_2O_3$  ist dabei ein besonders bevorzugtes Additiv. Wenn dieses verwendet wird, sollte es mit einer Korngröße von -225 mesh, das heißt kleiner 45  $\mu m$ , vorliegen. Natürlich können auch andere Keramikmaterialien wie  $CrO_2$ , mit Zirkon verstärkter Korund,  $ZrO_2$  plus  $Al_2O_3$ , teilstabilisiertes  $ZrO_2$ ,  $Cr_2O_3$ , MgO, Cordierit, Mullit und andere benutzt werden.

Der SiC-Schlicker enthält auch gewöhnlich einen Binder. Dieser ist vorteilhaft ein kolloidaler  $SiO_2$ -Binder und wird als eine wäßrige Dispersion der Teilchen unter Verwendung von 10 bis 50% Wasser gebraucht. Die kolloidale Dispersion ist eine stabile, sich nicht absetzende Suspension mit einer Partikelgröße von 1  $\mu m$  oder kleiner. Die kolloidale  $SiO_2$ -Komponente liefert den Binder, und aufgrund der kolloidalen Natur der Dispersion hilft es, die begehrte Thixotropie zu erhalten.

Selbstverständlich können andere Additive Verwendung finden, sowohl als zusätzliche Binder als auch aus anderen gewünschten Gründen. Beispielsweise können vorteilhaft Morellonit, wasserlösliche Polysaccharide, Bentonit, Kaolin oder ähnliches benutzt werden.

Das Schaummaterial mit dem wäßrigen keramischen Schlicker ist so imprägniert, daß die faserähnlichen netzartigen Gewebe damit beschichtet und die Lücken damit ausgefüllt sind. Gewöhnlich wird bevorzugt, den Schaum einfach in den Schlicker für eine kurze Zeit unterzutauchen, um eine nahezu vollständige Imprägnierung des Schaums sicherzustellen. Die Porengröße des Polymerschaummaterials kann gewöhnlich 3ppi (Poren per Zoll) oder kleiner sein. Die Porengröße im Bereich von 3 bis 25 ppi wurde als besonders vorteilhaft für Eisen- oder Eisenlegierungsfiltration bezüglich eines höheren totalen Materialdurchgangs gefunden, obgleich man auch kleinere Porengrößen, beispielsweise z. B. bis zu 50 ppi, gebrauchen könnte. Der imprägnierte Schaum wird dann zusammengepreßt, um einen Teil des Schlickers auszutreiben, wobei das faserähnliche netzartige beschichtete Gewebeteil mit einer Vielzahl von blockierten Poren im Schaumkörper zurückbleibt – das heißt mit homogenen verteilten und nicht zusammengeballten Poren durch den gesamten Keramikkörper – welche den gewundenen Fließweg erhöht. Für solche Fälle, in welchen ein maximaler Durchsatz mit geringerem Filtrationsgrad erwünscht ist, wird eine relativ grobe Porengröße mit sehr wenigen blockierten Poren vorgezogen. Bei einer kontinuierlichen Arbeitsweise kann man beispielsweise imprägniertes Schaummaterial durch ein Walzenpaar laufen lassen, um die gewünschte Austreibung des Schlickers aus dem Schaum zu erreichen und den gewünschten Imprägnationsanteil zurückzulassen. Selbstverständlich kann dies manuell auch durch einfaches Quetschen des flexiblen Schaummaterials bis zum gewünschten Ausmaß geschehen. Bis zu diesem Schritt ist der Schaum noch flexibel und kann, wenn erwünscht, für geeignete Filtrationszwecke passend geformt werden, zum Beispiel in Form von gerundeten Platten, Hohlzylindern und anderen Formen. Es ist notwendig, den geformten Schaum durch konventionelle Mittel so lange in der ursprünglichen Form zu halten, bis die Struktur getrocknet oder das organische Substrat zersetzt ist. Der imprägnierte Schaum wird dann mit Hilfe geeigneter Verfahren wie Lufttrocknung, beschleunigte Trocknung bei einer Temperatur von ab 100 bis 700°C über ab 15 Min. bis 6 Std. oder durch Mikrowellentrocknung getrocknet. Die Lufttrocknung kann einen Zeitraum von 8 bis 24 Std. umfassen. Nach der Trocknung wird das Material bei erhöhter Temperatur unter Bildung des keramischen Schaummaterials gebrannt. Die Brenntemperaturen sind durch die besondere Zusammensetzung des Materials bestimmt und liegen beispielsweise oft oberhalb etwa 1390°C bis hinauf zu etwa 1700°C. Nach dem Brennen ist das hergestellte Erzeugnis vorteilhaft für den Einsatz als keramischer Schaumfilter durch eine Vielzahl blockierter Poren, welche im wesentlichen homogen in der Körperstruktur verteilt sind, charakterisiert. Die Brenndauer bei oder nahe bei der Höchsttemperatur beträgt wenigstens 15 min und gewöhnlich wenigstens 1 Std., jedoch üblicherweise weniger als 10 Std. Die totale Brennzeit einschließlich der Aufheizzeit zur und Abkühlzeit von der Höchsttemperatur kann natürlich in Abhängigkeit des verwendeten Ofens stark variieren.

Das keramische Schaummaterial ist durch die oben beschriebenen Merkmale charakterisiert und weist die ebenfalls oben beschriebenen signifikanten Vorteile auf. Die beschichteten Fasern werden als eine Verstärkung bewirkende Zentren angesehen, welche dem keramischen Schaumfilter höhere Festigkeitseigenschaften ohne signifikanten Gewichtsanstieg verleihen. Die erzeugten Filter zeigen einen Anstieg in der Festigkeit von etwa 25 bis 50% gegenüber unbehandeltem Material. Die Filter weisen auch eine verbesserte Kantenqualität und praktisch kein Schneiden auf. Es wurde gefunden, daß nach der vorliegenden Erfindung hergestellte Filter ungefähr eine 90%ige Reduktion des Schneidens im Vergleich mit nach anderen Methoden hergestellten Filtern aufweisen.

Selbstverständlich können zusätzliche anorganische Additive gebraucht werden, um besonders bevorzugte Eigenschaften zu erhalten, beispielsweise Sinterhilfsmittel, Kornwachstumsinhibitoren oder anorganische rheologische Hilfsmittel. Andere organische Additive einschließlich beispielsweise temporäre Binder oder rheologische Hilfsmittel können auch vorteilhaft verwendet werden.

Die spezifischen Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand von Beispielen näher erläutert.

#### Beispiel 1

Es wurden Polyurethanplatten von 50 x 75 mm und einer Dicke von 12 mm mit einer Porengröße von 3 bis 5 ppi verwendet. Es wurde ein im Handel erhältliches, in Wärme abbindendes wasserlösliches Latexadhäsiv in einer Konzentration von etwa 50 Vol.-% hergestellt. Eine Beflockungsbeschichtung wurde auf jede Platte durch Aufsprühen der Adhäsivlösung auf die erste Oberfläche unter Bildung einer klebrigen Oberfläche, Aufsprühen eines Beflockungsmittels auf die klebrige Oberfläche, Abbindenlassen des Adhäsivs in einem Ofen bei einer Temperatur von etwa 50°C (150°F) über 15 min und Wiederholung der Behandlung auf der zweiten, der ersten Seite entgegengesetzten Seite. Die aufgebrauchten Beflockungen bestanden jeweils aus kurzen Baumwollfasern, mittleren Acrylfasern, mittleren Nylonfasern und langen Rayonfasern. Die Fasern wurden durch Verwirbeln in einem Spritzpistolenbehälter elektrostatisch aufgeladen. Gewisse, aber nicht alle Platten wurden einer Saug- und Blasbehandlung zur Entfernung überschüssiger Fasern unterworfen, um eine Reduktion des Porenraums auf weniger als etwa 35% sicherzustellen.

Es wurde ein wäßriger thixo-troper Schlicker einer SiC enthaltenden keramischen Zusammensetzung mit kolloidalem SiO<sub>2</sub> (silica)-Binder hergestellt. Die Zusammensetzung des Schlickers war etwa 25% SiC, 25% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 9% kolloidales SiO<sub>2</sub> (silica) und 1% Montmorillonit. Jede der Platten wurde dann mit dem Schlicker imprägniert. Die Imprägnierung wurde bewirkt durch Eintauchen der Schaumplatten in den Schlicker und Gebrauch von Walzenpaaren zum Zusammenpressen des Schaums und Verdrängen eines Schlickeranteils, wobei ein mit Schlicker beschichteter und mit einer Vielzahl im gesamten Körper verteilten blockierten Poren, die die Gewundenheit des Fließwegs erhöhen, versehener stegartiger Netzgewebeanteil entstand. Die resultierenden imprägnierten Schäume wurden getrocknet und durch Brennen über 1 Std. bei etwa 77°C (215°F) erhitzt, um die darin enthaltenen organischen Komponenten zu entfernen. Die resultierenden, wie oben beschrieben aus beflocktem Schaum hergestellten keramischen Schaummuster waren im Vergleich mit unbehandelten Schäumen durch bessere Kanten- und Oberflächenqualität gekennzeichnet. Die besten Resultate wurden mit Baumwoll- und Acrylfasern erhalten. Die Muster mit über etwa 35% waren blockiert, und diejenigen mit weniger als etwa 35% waren gut.

#### Beispiel 2

In diesem Beispiel wurden Polyurethanplatten von verschiedenen Massen und unterschiedlichen Porengrößen zur Herstellung von keramischen Schaummaterialien gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Die Platten hatten bei einer einheitlichen Dicke von etwa 2,19 cm Ausmaß von etwa 5 x 7,5 cm, 7,5 x 10 cm, 10 x 10 cm. Bei gleichem Ausmaß kamen Platten mit 15 und 20 ppi zur Anwendung.

Jede Platte wurde zur Bildung einer beflockten Beschichtung aus zwei gegenüberliegenden Seiten vorbehandelt. Die Beschichtung erfolgte gemäß Beispiel 1 unter Verwendung von ausschließlich kurzen Baumwollfasern. Jede Platte wurde dann mit einem einen Monoaluminiumphosphatbinder enthaltenden  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schlicker durch Eintauchen in den Schlicker, Gebrauch von Waizenpaaren zum Zusammenpressen des Schaums und Verdrängen eines Schlickeranteils beschichtet, wobei ein beflockter netzartiger Gewebeanteil entstand. Die imprägnierten Platten wurden getrocknet und durch Brennen bei etwa  $1177^\circ\text{C}$  ( $2150^\circ\text{F}$ ) über eine Stunde erhitzt, um die organischen Komponenten daraus zu entfernen.

Während keramische Schaummaterialien ohne beflockte Beschichtung normalerweise abschuppen oder schneien, weisen die in diesem Beispiel hergestellten keramischen Schaummaterialien keine Abschuppung beziehungsweise kein Schneien auf. Sie weisen weiterhin eine außerordentliche Verbesserung in der Sägbbarkeit auf Maß nach dem Brennen auf. Darüber hinaus bildeten diese keramischen Schaummaterialien blockierte Poren unter etwa 35%.

#### Beispiel 3

Bei der Anwendung des Verfahrens nach Beispiel 1 und 2 wurden Polyurethanplatten mit Abmessungen von etwa  $5 \times 7,5$  cm bei einer Dicke von etwa 1,19 cm und 15 ppi mit einer kurzen Baumwollbeflockung enthaltenden Beschichtung auf den beiden Seiten versehen. Die Platten mit der beflockten Beschichtung wurden dann in einen  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Böhmitgel enthaltenden Schlicker getaucht und zu keramischen Schaummaterialien gemäß den in den Beispielen 1 und 2 genannten Verfahren umgeformt, außer daß in diesem Fall der getrocknete imprägnierte Schaum im Gegensatz zu den Beispielen 1 und 2, wo eine Brenntemperatur von  $1177^\circ\text{C}$  ( $2150^\circ\text{F}$ ) angewendet wurde, bei  $1620^\circ\text{C}$  ( $2950^\circ\text{F}$ ) über 8 Std. gebrannt wurde. Die so hergestellten keramischen Schaummaterialien wiesen eine erhöhte Sägefestigkeit nach dem Brand und keine Abschuppung auf. Sie wurden ohne Schwierigkeiten in eine Vielzahl von dünnen Scheiben geschnitten.

#### Beispiel 4

Polyurethanscheiben mit Durchmessern von 7,5 und 10 cm, mit einer Kantenschräge von 18 Grad, einer Dicke von etwa 19 mm und 10 ppi wurden nach dem Verfahren von Beispiel 2 mit einer beflockten Beschichtung auf den beiden sich gegenüberliegenden Seiten beschichtet. Die beflockten Scheiben wurden dann in einen Schlicker, der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Böhmitgel enthielt, getaucht und zu keramischen Schaummaterialien nach dem in Beispiel 3 angegebenen Verfahren umgebildet. Die erzeugten Schaummaterialien waren ebenso fest oder fester als ein Material, welches aus unbeflocktem Schaum hergestellt wurde und eine Sprühbeschichtung nach der Imprägnierung und dem Trocknen erhielt. Das vorliegende Verfahren ohne Sprühbeschichtung liefert somit ein kostengünstiges und hohe Qualität aufweisendes Produkt.

#### Beispiel 5

Nach dem Beispiel 1 hergestellte keramische Schaummaterialien, insbesondere keramische Filter, wurden auf ihre mechanische Festigkeit getestet. An 20 Proben der Ausmaße  $50 \times 75$  mm und der Dicke von 22 mm wurden 3-.- Biegebruchtests durchgeführt. Die mittlere Bruchspannung wurde berechnet und mit analogen unbeflockten Schäumen verglichen. Kurze Baumwollfasern, mittlere Acrylfasern, mittlere Nylonfasern und lange Rayonfasern wurden verwendet. Die resultierenden Spannungen sind unten aufgeführt, wobei die keramischen Schaummaterialien nach der vorliegenden Erfindung alle eine Bruchspannung von über 445 N zeigen.

Probe mit:	Bruchspannung N:
kurze Baumwollfasern	458
mittlere Acrylfasern	649
mittlere Nylonfasern	454
lange Rayonfasern	454
ohne Beflockung	311

Es wird vermutet, daß diese überraschende Brucherhöhung auf die innere netzartige Gewebestruktur und die durch die Beflockung erzeugte Ummantelung der Gewebestruktur zurückzuführen ist. Diese Eigenschaften sind deutlich auf den beigefügten fotografischen Abbildungen zu sehen. Die Fig. 1 zeigt einen Querschnitt von zwei netzartigen Gewebestrukturen eines nach der vorliegenden Erfindung hergestellten keramischen Schaummaterials in 13facher Vergrößerung nach Imprägnierung mit Eisen. Der zentrale dreieckförmige Kern wäre im endgültigen keramischen Schaummaterial hohl. Gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt Fig. 1 deutlich die hervorragende keramische Bedeckung der Gewebestruktur. Fig. 2 zeigt einen Querschnitt einer netzartigen Gewebestruktur eines nach der vorliegenden Erfindung hergestellten keramischen Schaumfilters in 31facher Vergrößerung nach der Imprägnierung mit Eisen. Hier wäre wiederum der Kern des endgültigen keramischen Schaummaterials hohl. Die drei kreisförmigen Bereiche, welche den Kern umgeben, zeigen Stellen von Beflockungsfasern, welche im endgültigen keramischen Schaummaterial Verstärkungsstrukturen bilden. Die Beflockungsfasern haben sich zusammen mit dem organischen netzartigen Trägergewebe und dem Adhäsiv zersetzt und bilden angrenzend an das hohle netzartige Gewebe hohle Verstärkungsstrukturen, wie klar aus Fig. 2 hervorgeht. Zusätzlich zeigt die Fig. 2 gemäß der vorliegenden Erfindung deutlich die hervorragende keramische Bedeckung des netzartigen Trägergewebes und der Fasern. Die hervorragende keramische Beschichtung des netzartigen Trägergewebes gemäß der vorliegenden Erfindung, und wie sie in den Fig. 1 und 2 ersichtlich ist, steht in deutlichem Gegensatz zur Fig. 3. Die Fig. 3 zeigt einen Querschnitt einer netzartigen Gewebestruktur eines keramischen Schaumfilters in 40facher Vergrößerung, der nach Beispiel hergestellt wurde, jedoch ohne jede Adhäsiv- und Faserbehandlung. Es ist aus Fig. 3 deutlich erkennbar, daß die scharfen üblicherweise dreiecksförmigen Ausbildungen der netzartigen Trägergewebestruktur dadurch entweder dünn beschichtet oder unbeschichtet sind. Es ist ersichtlich, daß nach der vorliegenden Erfindung ein keramisches Schaummaterial, insbesondere als keramischer Schaumfilter und ein Verfahren zu dessen Herstellung zur Verfügung gestellt worden ist, der vollends die vorgenannten Aufgaben, Ziele und Vorteile erfüllt.

Obwohl die Erfindung in Verbindung mit spezifischen Ausführungen beschrieben worden ist, ist es einleuchtend, daß viele Alternativen, Modifikationen und Variationen für den Fachmann in Kenntnis der obigen Beschreibung ersichtlich sind. Entsprechend ist beabsichtigt, daß alle diese Alternativen, Modifikationen und Variationen als in den breiten Schutzzumfang der nachfolgenden Patentansprüche fallend zu sehen sind.



*FIG-2*



*FIG-1*



*FIG-3*