



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 57 591 B4** 2005.04.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 57 591.2**
(22) Anmeldetag: **14.12.1998**
(43) Offenlegungstag: **15.06.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.04.2005**

(51) Int Cl.⁷: **B01D 71/02**
B01D 67/00, B01D 39/20, B01D 53/22

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**Rauschenbach, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 01187
Dresden**

(72) Erfinder:
**Adler, Jörg, Dipl.-Kristall., 01662 Meißen, DE;
Lenk, Reinhard, Dr., 02779 Großschönau, DE;
Richter, Hans-Jürgen, Dr., 01257 Dresden, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 56 83 528
US 39 78 248
WO 96 30 207
WO 90 15 661

(54) Bezeichnung: **Keramische Mehrschichtenfilter und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Keramischer Mehrschichtfilter aus mindestens zwei Schichten aus gleichen oder unterschiedlichen keramischen Materialien mit unterschiedlicher Partikelgröße der Keramikpartikel in den einzelnen Schichten, wobei eine Schicht eine Supportschicht ist und mindestens eine weitere Schicht als Layer mit keramischen Materialien geringerer Partikelgröße vorhanden ist, bei dem die Partikeloberflächen aller keramischen Partikel in den Schichten ganz oder teilweise mit mindestens einem Material benetzt sind, welches die Oberfläche der keramischen Partikel gut benetzt und einen gleichen oder annähernd gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie die keramischen Partikel besitzt, und die Partikelgröße, Partikelmorphologie und Partikelzusammensetzung/Kristallstruktur gegenüber denen bei dem eingesetzten Pulver nicht oder nur gering verändert ist und bei dem zwischen den Partikeln punktuelle und/oder flächenmäßige Verbindungen ausgebildet sind, wobei die Porenmenge und Porengröße zwischen den Partikeln durch das Material nur gering oder nur teilweise, aber um nicht mehr als 50 %, verringert ist.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Filtertechnik und der Keramik und betrifft keramische Mehrschichtfilter und ein Verfahren zu deren Herstellung, wie sie beispielsweise zur Trennung von Öl-Wasser-Emulsionen bei der spanabhebenden Fertigung, zur Klärung von Bier, zur Gasreinigung, zur Gastrennung oder zur Trennung von Flüssig-Feststoff-Gemischen eingesetzt werden können.

[0002] Trotz der kommerziellen Erfolge der keramischen UF/MF-Membranen in den letzten Jahren und der weiterhin steigenden Nachfrage ist ein wesentlicher Nachteil gegenüber den sehr viel weiter verbreiteten Polymer-Membranen geblieben: der relativ hohe Preis pro Filterfläche.

[0003] Keramische Filtermaterialien sind üblicherweise aus miteinander versinterten Partikeln aufgebaut, deren Zwischenräume die Porosität bilden. Für Filtrationszwecke ist es erforderlich, einen möglichst hohen Anteil an Porenvolumen und eine möglichst gleichmäßig und eng verteilte Porengrößenverteilung zu erhalten. Daher werden zur Herstellung keramischer Filtermaterialien vorzugsweise keramischer Pulver mit eng verteilter Korngrößenverteilung verwendet, da diese die besten der o.g. Eigenschaften bieten. Pulver mit eng verteilter Korngrößenverteilung sind z.B. aus der Schleifmittelindustrie bekannt und genormt.

[0004] Üblicherweise bestehen keramische Membranen aus einem Mehrschichtensystem aus poröser Keramik, dessen einzelne Schichten unterschiedliche Porenweiten aufweisen. Die eigentlich filtrierende Schicht (Layer) ist die dünnste und feinporöseste des Systems. Sie befindet sich auf einer grobporösen und dickeren Schicht, diese wiederum auf der nächsten Schicht usw. Das grobporöse Material bildet den Support, der gleichzeitig die mechanische Trägerfunktion des Gesamtsystems übernimmt und häufig auch die Filtratsammelstrukturen bildet. Die Zwischenschichten zwischen Support und Layer dienen zur Verringerung der Zwischenräume zwischen den groben Partikeln des Supportes und der Abstützung der feineren Partikel der nächstfolgenden Schicht. Je nach gewünschter Trenngrenze werden gegenwärtig für Mikrofiltrationsmembranen (Trenngrenze 1000 nm bis 200 nm) mindestens 1 Schicht, zumeist aber 2 Schichten, für Ultrafiltrationsmembranen (Trenngrenze 100 nm bis 10 nm) mindestens 2, meist aber mehr als 3, für Nanofiltrationsmembranen (Trenngrenzen kleiner 10 nm) mehr als 3 Schichten auf den Support aufgebracht.

[0005] Die Herstellung der o.g. keramischen Membranen erfolgt, indem zuerst der Support geformt, getrocknet und gebrannt wird, danach die erste Schicht aufgebracht, diese getrocknet und gebrannt wird, da-

nach die nächste Schicht aufgebracht wird usw. bis der Layer aus den feinsten Partikeln aufgebracht, die gebildete Schicht getrocknet und gebrannt wird. Die Sinterung erfolgt je nach Feinheit der Beschichtung bei sehr viel niedrigeren Temperaturen als beim Support.

[0006] Durch die mehrfache Wiederholung des Zyklus „Beschichten-Trocknen-Sintern“ entstehen die Hauptkostenanteile bei der Herstellung. Die thermischen Behandlungsschritte sind innerhalb der Verfahrenskette schon an sich am aufwendigsten, so dass eine mehrfache Wiederholung diesen Anteil immens steigert. Zusammen mit den anderen Schritten entsteht zusätzlich ein kostenintensiver manueller Aufwand.

[0007] Gemeinsames Sintern von keramischen Schichten aus unterschiedlichen Keramiken ist an sich schon länger bekannt aus der Fertigung von keramischen Multilagenelementen für Anwendungen in der Mikroelektronik. Dafür wurde der Begriff LTCC „Low Temperature Cofiring Ceramics“ geprägt.

[0008] Allerdings werden hier Schichten unterschiedlicher Keramik, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (z.B. isolierend und leitfähig) miteinander gesintert, mit dem Ziel, eine möglichst hohe Dichte der Schichten zu erreichen (z.B. US 3978248, US 5683528).

[0009] Dagegen sollen bei keramischen Filterelementen möglichst gleiche Keramiksichten, die sich nur in ihren Porengrößen unterscheiden, gemeinsam gesintert werden. Nach dem o.g. Prinzip der Herstellung poröser Keramik bedeutet dies, daß Schichten aus gleicher Keramik, aber mit unterschiedlicher Kornfeinheit, gemeinsam gesintert werden müssen.

[0010] Hauptproblem beim Cofiring ist die verschiedene Sinteraktivität unterschiedlich feiner Pulver infolge unterschiedlicher Volumen/Oberfläche-Relationen. Dadurch erfordern grobe Pulver sehr hohe Temperaturen für eine stabile Korn-Korn-Verbindung, welche durch Oberflächendiffusion oder durch Verdampfungs/Kondensationsmechanismen entsteht.

[0011] Bei sehr feineren Pulvern ist die Sinteraktivität dagegen so hoch, dass bei gleich hohen Temperaturen infolge von Volumendiffusion eine starke Verdichtung stattfindet, die von einem Kornwachstum begleitet wird. Dabei verringert sich das Porenvolumen und die Porengrößenverteilung verschiebt sich in Richtung größerer Poren. Dieser Prozeß ist mit einer hohen Volumenschwindung verbunden, während die Korn-Korn-Bindung bei groben Pulvern mit niedrigerer Schwindung abläuft.

[0012] Aber selbst geringe Unterschiede in der Schwindung von Mehrschichtelementen beim simul-

tanen Sintern führen zum Verzug des Mehrschichtlements oder zu inneren Spannungen, die die mechanische Belastbarkeit herabsetzen. Weiterhin ist die Schwindung selbst unerwünscht, da sie zu Veränderungen der Abmaße der keramischen Formteile führt, die schwierig reproduzierbar sind und aufwendige Nachbearbeitungsschritte erforderlich machen, um enge Abmessungstoleranzen einhalten zu können.

[0013] Nach der WO 96/30207 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Schwindungsanpassung einer Komponente eines Mehrschichtsystems dadurch erreicht wird, daß nanoskalige Pulver verwendet werden. Bei grobporigen Filtern werden grobe Pulver eingesetzt und das nanoskalige Pulver zugemischt, um dessen Versinterung zu fördern, während bei feinen Pulvern das nanoskalige Pulver selbst eingesetzt wird und Sinterinhibitoren zugesetzt werden, um eine zu starke Versinterung zu verhindern. Als grobes Pulver werden auch Agglomerate des nanoskaligen Pulvers eingesetzt.

[0014] Von Nachteil bei diesem Verfahren ist, daß die genaue Abstimmung der Schwindung der einzelnen Komponenten jedoch relativ aufwendige Experimente erfordert, die Verarbeitung der nanoskaligen Pulver sehr aufwendig (z.B. bei der Dispergierung) ist und die Pulver sehr teuer sind. Weiterhin verursacht die Mischung von Pulvern unterschiedlicher Feinheit die Verringerung des Porenvolumens, was für Filteranwendungen unerwünscht ist.

[0015] Die in den Ausführungsbeispielen genannten Varianten für Mehrlagenfilter nennen Schwindungen von 5% für den Support und 4% für den Layer, was in der praktischen Anwendung zu großen Problemen führt.

[0016] Nach der WO 90/15661 ist ein simultan gesinterter Zweischicht-Filter bekannt, bei dem das Sinterverhalten des Supports (dort als "Membran" benannt) an das Sinterverhalten des Layers (dort als "Film" benannt) angepaßt wird, indem zum Grobpulver eine Feinpulverfraktion zugegeben wird (4 nm bis 10% des Durchmessers der groben Partikel) und/oder ein Sinterhilfsmittel eingesetzt wird, um die Sintertemperatur des Supports an die des Layers anzupassen.

[0017] Hierbei tritt aber ebenfalls das Problem auf, daß durch die Zugabe der Feinpulverfraktion das Porenvolumen des Supports verringert wird und die Abstimmung der Schwindung des Layers auf die des Supports aufwendige Experimente erfordert. Die Schwierigkeit des Verfahrens wird dadurch deutlich, daß die Schwindung des Filmes zusätzlich durch eine hohe Feststoffbeladung der Pulverdispersion verringert werden soll, was insbesondere bei feinen Pulvern schwierig zu erreichen ist. Weiterhin wird die

Sinterung unter Druckbelastung durchgeführt, um einen Verzug zu verhindern. In den Ausführungsbeispielen genannte Schwindungen des Gesamtsystems liegen zwischen 4 und 11 %.

[0018] Insgesamt sind zwei prinzipielle Probleme erkennbar, die bei der gemeinsamen Sinterung von Schichten unterschiedlicher Kornfeinheit bei gleicher (niedriger oder hoher) Temperatur auftreten:

- a) die unterschiedliche Bindungsfestigkeit der Pulverpartikel, d.h. bei hoher Temperatur gute Bindung des Supports, aber starke Versinterung des Layers; bei niedriger Temperatur gute Ausbildung des Layers aber schlechte Bindung des Supports (als Konsequenz wird zwecks Vermeidung dieser Probleme bei gegenwärtigen Techniken jeder Layertyp bei unterschiedlichen Temperaturen gebrannt, die bis zu 1200 K differieren.).
- b) die unterschiedliche Schwindung, die zu Reißbildung und Delaminationen der Schicht führt.

[0019] Problem b) führt dazu, dass sehr spezielle Anforderungen an den Schichtaufbau gestellt werden, um Risse und Delaminationen zu vermeiden. So wird bei R.R.Bhave, Characteristics and Application, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991 genannt, daß

- die Schichten sehr dünn sein müssen (MF-Membranen zwischen 25 und 50 µm, OF unter 10 z.T. unter 5 µm),
- die Rauigkeit des Supportes gering sein sollte,
- der Kornform des Beschichtungspulvers Bedeutung zukommt.

[0020] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, keramische Mehrschichtfilter anzugeben, die trotz unterschiedlicher Partikelgröße der Pulver in den einzelnen Schichten simultan gesintert werden können, und die dadurch kostengünstiger herstellbar sind.

[0021] Die erfindungsgemäßen keramischen Mehrschichtfilter werden erfindungsgemäß hergestellt, indem Sintertemperatur und Stoffsystem so gewählt werden, dass die verwendeten Pulver passiv bleiben, d.h. dass sich ihre Größe, Morphologie und Zusammensetzung/Kristallstruktur nicht oder nur geringfügig ändern. Die Bindung der Partikel erfolgt während der Sinterung durch eine zusätzliche Flüssigphase, die die Pulverteilchen umhüllt und an den Kontaktflächen verbindet. Diese Flüssigphase muß so auf die Sintertemperatur und das Stoffsystem abgestimmt sein, dass

- die Flüssigphase bei der gewählten Sintertemperatur eine niedrige Viskosität besitzt und eine gute Benetzung des Pulvers erfolgt,
- die Flüssigphase keine oder nur geringe Reaktionen mit dem Pulver eingeht,
- die Flüssigphase selbst eine erhöhte Oberflächenspannung besitzt, um ein Aufsaugen in das Kapillarsystem der Poren zu vermeiden.

[0022] Von besonderem Vorteil bei der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass bei der Herstellung der Mehrschichtfilter keine oder nur eine sehr geringe Schwindung, im wesentlichen $< 1\%$, für den gesamten Schichtverbund auftritt und auch keine oder nur sehr geringe Unterschiede in der Schwindung der einzelnen Schichten auftreten.

[0023] Weiterhin tritt bei der erfindungsgemäßen Lösung durch die Anpassung der Schwindungen der unterschiedlichen Schichten keine Verringerung des Porenvolumens auf, wie es nach dem Stand der Technik bei allen bekannten Verfahren durch die dort gewählte Verfahrensführung zwangsläufig erfolgt. Damit ist insbesondere die Herstellung von Filtern durch das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft.

[0024] Vorteilhaft ist besonders bei hoher Feinheit der Partikel eine homogene Verteilung der Flüssigphase während der Aufbereitung und eine homogenere Abscheidung während der Trocknung, möglichst auf der Oberfläche der Partikel. Für sehr feine Pulver sind hier thermische oder chemische Methoden der Oberflächenbeschichtung von Pulvern (eventuell Cofällung usw.) möglich.

[0025] Vorteilhaft ist, wenn als keramisches Pulver Siliciumcarbidgepulver und als während der Sinterung auftretende Flüssigphase ein Borosilikatglas gewählt wird.

[0026] Vorteilhaft ist auch, wenn als keramisches Pulver Aluminiumoxidpulver und als während der Sinterung auftretende Flüssigphase ein Aluminoborosilikatglas oder ein Lithiumaluminosilikatglas gewählt wird.

[0027] Vorteilhaft ist es auch, wenn die während der Sinterung auftretende Flüssigphase bei der Abkühlung teilweise oder vollständig kristallisiert.

[0028] Vorteilhafterweise werden als keramische Pulver kommerzielle, eng fraktionierte Schleifmittelpulver benutzt.

[0029] Vorteilhafterweise wird die Sinterung unter Luft durchgeführt und vorteilhafterweise bei Temperaturen zwischen 700 und 1200 °C.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0031] 900 g eines Siliciumcarbidschleifpulvers F500 (mittlere Partikelgröße 30 µm) wird mit 100 g eines feingemahlten Borosilikatglases (mittlere Partikelgröße 2 µm) gemischt, die Mischung mit üblichen Hilfsmitteln (PVA, PEG) zu einem Foliengießschlicker verarbeitet und aus diesem auf einer Foliengießbank

zu einer keramischen Folie mit Dicke 0,5 mm verarbeitet. Auf der angetrockneten Folie wird ein zweiter Foliengießschlicker aufgebracht, der aus 90 g eines Siliciumcarbidschleifpulvers F1000 (mittlere Partikelgröße 4,5 µm) mit 10 g des Borosilikatglaspulver und den üblichen Hilfsmitteln hergestellt worden ist, so dass eine zweite, 50 µm dicke Folie auf der ersten Folie entsteht. Die entstandene Zweischicht-Folie wird mit den üblichen Methoden getrocknet, auf Stücke von 100 × 100 mm vereinzelt und entbindert und danach bei 800 °C 90 min unter Luft gesintert. Es entsteht eine gesinterte zweischichtige keramische Flachmembran, bei der beide Schichten ein offenes Porenvolumen von 35 bis 40 % aufweisen, die dicke, grobporöse Schicht einen mittleren Porendurchmesser von 8 µm und die dünne, feinporöse Schicht einen mittleren Porendurchmesser von 1 µm aufweist. Die Schwindung der Zweischicht-Folie ist kleiner als 0,1 % und die gesinterte Zweischicht-Folie ist völlig eben.

Beispiel 2

[0032] 850 g eines Aluminiumoxidpulvers mit mittlerer Korngröße von 50 µm wird mit 150 g eines feingemahlten Lithiumaluminosilikatglaspulvers (mittlere Korngröße 3 µm) gemischt, die Mischung mit üblichen Hilfsmitteln (PVA/PEG) zu einem Foliengießschlicker verarbeitet und aus diesem auf einer Foliengießbank zu einer keramischen Folie mit Dicke 600 µm verarbeitet. Auf der angetrockneten Folie wird ein zweiter Foliengießschlicker aufgebracht, der aus Aluminiumoxidpulver mit mittlerer Korngröße von 5 µm und 15 g des o.g. Lithiumaluminosilikatglaspulvers, das auf eine mittlere Korngröße von etwa 1 µm gemahlen wurde, und den üblichen Hilfsmitteln hergestellt wird; so daß eine zweite, 50 µm dicke Folie auf der ersten Folie entsteht. Die entstehende Zweischicht-Folie wird mit den üblichen Methoden getrocknet, auf Stücke von 100×100 mm vereinzelt und entbindert und danach bei 950 °C 60 min unter Luft gesintert. Es entsteht eine gesinterte zweischichtige keramische Flachmembran, bei der beide Schichten ein offenes Porenvolumen von 35 bis 40 % aufweisen, die dicke, grobporöse Schicht einen mittleren Porendurchmesser von 10 µm und die dünne, feinporöse Schicht einen mittleren Porendurchmesser von etwa 1 µm aufweist. Die Schwindung der Zweischicht-Folie ist $< 0,1\%$; die gesinterte Folie ist völlig eben.

Patentansprüche

1. Keramischer Mehrschichtfilter aus mindestens zwei Schichten aus gleichen oder unterschiedlichen keramischen Materialien mit unterschiedlicher Partikelgröße der Keramikpartikel in den einzelnen Schichten, wobei eine Schicht eine Supportschicht ist und mindestens eine weitere Schicht als Layer mit keramischen Materialien geringerer Partikelgröße vorhanden ist, bei dem die Partikeloberflächen aller

keramischen Partikel in den Schichten ganz oder teilweise mit mindestens einem Material benetzt sind, welches die Oberfläche der keramischen Partikel gut benetzt und einen gleichen oder annähernd gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie die keramischen Partikel besitzt, und die Partikelgröße, Partikelmorphologie und Partikelzusammensetzung/Kristallstruktur gegenüber denen bei dem eingesetzten Pulver nicht oder nur gering verändert ist und bei dem zwischen den Partikeln punktuelle und/oder flächenmäßige Verbindungen ausgebildet sind, wobei die Porenmenge und Porengröße zwischen den Partikeln durch das Material nur gering oder nur teilweise, aber um nicht mehr als 50 %, verringert ist.

2. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem bei der Ausbildung von mehr als zwei Schichten als Layer auf dem Support die Partikelgröße der keramischen Materialien in Richtung weg von dem Support abnimmt.

3. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem die keramischen Partikel der Supportschicht und der mindestens einen weiteren Schicht als Layer aus dem gleichen keramischen Material, vorzugsweise aus Siliciumcarbid oder Aluminiumoxid besteht.

4. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem das keramische Material in allen Schichten des Filters und das Material, welches die Oberflächen der keramischen Partikel benetzt, in allen Schichten des Filters die gleiche Zusammensetzung aufweisen.

5. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem das Material, welches die Oberfläche der keramischen Partikel benetzt und punktuelle und/oder flächenmäßige Verbindung zwischen den keramischen Partikeln ausbildet, ein Borosilikatglas oder ein Aluminoborosilikatglas oder ein Lithiumaluminosilikatglas ist.

6. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem die Menge an Material, welches die Oberfläche der keramischen Partikel benetzt und punktuelle und/oder flächenmäßige Verbindung zwischen den keramischen Partikeln ausbildet, nur so groß gewählt ist, daß die Porenmenge und Porengröße zwischen den Partikeln durch das Material nur gering, vorteilhafterweise nicht um mehr als 10 verringert ist.

7. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem die keramischen Partikel von mindestens zwei Schichten sich im Verhältnis 1 : 5 bis 1 : 10 in ihrer mittleren Partikelgröße unterscheiden.

8. Keramischer Mehrschichtfilter nach Anspruch 1, bei dem die Partikel der Supportschicht eine mitt-

lere Partikelgröße von 20 bis 50 µm aufweisen.

9. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Mehrschichtfilters nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem aus mindestens zwei keramischen Pulvern gleicher oder unterschiedlicher Zusammensetzung aber unterschiedlicher Partikelgröße unter Zusatz von bekannten Formgebungs- und Sinterhilfsmitteln mindestens zwei keramische Schlicker hergestellt werden, wobei die Partikel der keramischen Pulver mit einem Material benetzt sind oder ein Material in Pulverform den keramischen Schlickern zugegeben wird, welches unter Temperaturerhöhung die Oberfläche der keramischen Partikel gut benetzt und einen gleichen oder annähernd gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie die keramischen Partikel besitzt, und welches die Partikelgröße, Partikelmorphologie und Partikelzusammensetzung/Kristallstruktur gegenüber denen bei dem eingesetzten Pulver nicht oder nur gering verändert und welches bei Temperaturerhöhung zwischen den Partikeln punktuelle und/oder flächenmäßige Verbindungen ausbildet, wobei das Material in der Menge zugegeben wird oder in der Menge die keramischen Partikel damit beschichtet sind, dass die Porenmenge und Porengröße zwischen den Partikeln durch das Material nur gering oder nur teilweise, aber nicht mehr als um 50 %, verringert wird, aus den Schlickern eine oder mehrere Schichten geformt und getrocknet werden, wobei nach dem teilweisen oder vollständigen Trocknen einer Schicht eine weitere Schicht, mit keramischen Partikeln geringerer Partikelgröße als der bereits getrockneten Schicht, darauf geformt werden kann, und mindestens zwei Schichten übereinander gelegt und/oder miteinander verbunden und gemeinsam einer Temperaturerhöhung unterzogen werden, die zur Ausbildung der punktuellen und/oder flächenmäßigen Verbindung zwischen den keramischen Partikeln durch das Material führt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem ein Material eingesetzt wird, welches während der Temperaturerhöhung eine Flüssigphase bildet.

11. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem ein Material eingesetzt wird, dessen Flüssigphase eine hohe Oberflächenspannung aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem ein Material eingesetzt wird, dessen Flüssigphase bei Abkühlung teilweise oder vollständig kristallisiert.

13. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem bei Zugabe des pulverförmigen Materials zu den keramischen Schlickern dieses homogen in dem keramischen Schlicker verteilt wird und nach dem Trocknen homogen auf der Oberfläche der keramischen Partikel verteilt ist.

14. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die ke-

ramischen Partikel vor der Herstellung der keramischen Schlicker mit dem Material benetzt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die keramischen Partikel mittels chemischer Methoden, vorteilhafterweise durch Cofällung, mit dem Material benetzt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Temperaturerhöhung unter Luft durchgeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Temperatur auf einen Bereich zwischen 700 °C und 1200 °C erhöht wird.

18. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die eingesetzten keramischen Pulver eng fraktionierte Schleifmittelpulver sind.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen