



①



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 692 296 A5

⑤① Int. Cl.⁷: C 04 B 037/02
C 04 B 035/565
C 22 C 005/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 01700/97

㉔ Anmeldungsdatum: 11.07.1997

㉔ Patent erteilt: 30.04.2002

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.04.2002

㉔ Inhaber:
Eidgenössische Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt EMPA, Überlandstrasse 129,
8600 Dübendorf (CH)

㉔ Erfinder:
Christian Englisch, Bungertweg 19,
8600 Dübendorf (CH)
Karl Berroth, Pfäffikerstrasse 119,
8605 Gutenswil (CH)

㉔ Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Siewerdtstrasse 95,
Postfach, 8050 Zürich (CH)

⑤④ Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Komposite.

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Komposite, bestehend aus einer Keramikmatrix mit eingebetteten metallischen Komponenten oder aus in einer Metallmatrix eingebetteten Keramikpartikeln oder -strukturen, Verfahren zu deren Herstellung sowie ein Verfahren zum Erhöhen der Benetzbarkeit einer Keramikmatrix bzw. eingelagerter keramischer Partikel und Strukturen. Dabei wird vorgeschlagen, dass partiell an der Grenzfläche zwischen metallischen Komponenten und den Keramikpartikeln bzw. der Keramikmatrix anorganische oder organische Titan- und/oder Chromverbindungen angeordnet sind.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Komposite, bestehend aus einer Keramikmatrix mit eingebetteten metallischen Komponenten oder aus in einer Metallmatrix eingebetteten Keramikpartikeln oder -strukturen, Verfahren zu deren Herstellung sowie ein Verfahren zum Erhöhen der Benetzbarkeit einer Keramikmatrix bzw. eingelagerter keramischer Partikel und Strukturen.

Keramikteile und Keramiksichten werden unter anderem in der Verschleiss-Schutztechnik, z.B. für Lagerkomponenten, Kolben und Bremssysteme, Dichtungsringe usw., d.h. für wechselnd mechanisch belastete Bauteile eingesetzt.

Als negative Eigenschaft erweist sich dabei die relativ hohe Sprödigkeit derartiger Keramikbauteile. Keramik-Metall-Komposite werden deshalb mit dem Ziel einer Verbesserung des mechanischen Verhaltens von Keramiken, insbesondere im Hinblick auf die geringe Bruchzähigkeit der reinen keramischen Komponenten entwickelt. Ein häufig angewandtes Verfahren ist die Infiltration, d.h. das «Auffüllen» von porösen, keramischen Matrices mit intermetallischen Verbindungen oder metallischen Legierungen. Bei praktisch allen Verfahren wird die zu infiltrierende Komponente durch äusseren Druck in die Matrix gepresst. Beispiele sind die Infiltration von SiC mit Aluminium- und Magnesiumlegierungen. Die Möglichkeit einer drucklosen Infiltration ist bisher vor allem bei Verwendung von reinem Silizium oder siliziumreichen Verbindungen, wie z.B. MoSi_2 bekannt, die aufgrund des hohen Si-Anteils SiC benetzen, ohne mit SiC zu reagieren. Möglichkeiten einer drucklosen Infiltration mit Metallen, wie z.B. Silber, Aluminium, Kupfer, Eisen, Magnesium, Mangan sind bisher nicht bekannt. Ursache hierfür ist das schlechte Benetzungsverhalten von inerten Metallen, wie beispielsweise Silber auf SiC, d.h. die Metalle breiten sich nicht auf der Keramik aus, sondern ziehen sich zu einer Kugel bzw. Halbkugel zusammen, die Benetzungswinkel liegen also über 90° . Ebenfalls eine Ursache liegt in den bei den anderen Metallen als Silber mit SiC stattfindenden Reaktionen, welche zur Bildung von Siliciden bzw. Carbiden führen, was aufgrund der Sprödigkeit dieser Verbindungen erneut unerwünscht ist. Bei Druckinfiltrationsverfahren sind diese Reaktionen aufgrund der kurzen Prozesszeiten von einigen Sekunden vernachlässigbar bzw. teilweise sogar erwünscht, bei drucklosen Infiltrationsverfahren mit Prozesszeiten im Minuten- bzw. Stundenbereich müssen die stattfindenden Reaktionen kontrolliert werden.

Allen bekannten Verfahren lastet letztlich der Nachteil an, dass entweder Metallkomponenten bzw. metallische Legierungen unter Druck in einen Keramikkörper infiltriert werden, oder aber dass die infiltrierenden Verbindungen nichtmetallischen Charakter haben bzw. dass infolge langer Infiltrationszeiten die infiltrierenden Metallkomponenten mit dem Keramikkörper unter Ausbildung von spröden Verbindungen reagieren und somit der erwünschte Effekt von der Infiltrierung durch Metalle und Legie-

rungen und deren Bestand im Komposit verloren geht.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung Keramik-Metall-Komposite bzw. Verfahren zu deren Herstellung vorzuschlagen, in welchen eingelagerte bzw. infiltrierte metallische Komponenten bzw. Legierungen zu verbesserten mechanischen Eigenschaften führen, wie insbesondere eine gegenüber reinen Keramikkörpern höhere Bruchzähigkeit.

Die gestellte Aufgabe wird mittels Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Kompositen gemäss dem Wortlaut von Anspruch 1 bzw. mittels Verfahren zu deren Herstellung nach einem der Ansprüche 7 und folgende gelöst.

Vorgeschlagen wird, dass im Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Komposit, bestehend aus einer Keramikmatrix mit eingebetteten metallischen Komponenten oder aus in einer Metallmatrix eingebetteten Keramikpartikeln oder -strukturen wenigstens partiell an der Grenzfläche zwischen metallischen Komponenten und den Keramikpartikeln bzw. der Keramikmatrix anorganische oder organische Titan- und/oder Chromverbindungen angeordnet sind.

Die Frage der Benetzung und Reaktivität von Legierungen mit SiC spielt auch beim Fügen von Metallen und Keramiken eine grosse Rolle. Seit einigen Jahrzehnten wird in der Löttechnik die Aktivierung von Lotlegierungen mit reaktiven Elementen, wie z.B. Titan, untersucht. Titan reagiert dabei mit SiC unter Ausbildung von Reaktionsschichten aus Siliciden und Carbiden bzw. Carbosiliciden. Die freiwerdende Reaktionsenergie bzw. die Modifikation der Grenzfläche durch Diffusionsvorgänge oder durch die neu gebildeten Schichten erlauben die Benetzung der Keramik durch das Lot. Die eigentliche Basislegierung des Lotes reagiert dabei nicht mit SiC und benetzt SiC auch nicht. Im Falle von SiC wird reines Silber bzw. eine Silberkupferlegierung häufig als Basislegierung verwendet.

Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, dass der vorbeschriebene Ansatz erfolgreich für die Aktivierung von Metallkeramiksyste men übertragen werden kann, indem diese Aktivierung durch Titan oder Chrom bei der Herstellung von Kompositen erreicht werden kann. Wie gezeigt werden konnte, können poröse Matrices mit einer Porosität von 15–50%, die Titan in geringen Mengen enthalten, wie beispielsweise 2–6 Gew.-%, durch Silber bzw. eine Silbertitanlegierung mit ca. 2% Titan drucklos infiltriert werden. Silber ist eines der wenigen Metalle, die nicht mit SiC reagieren. Ein weiteres Beispiel ist Zinn. Bei Untersuchungen an Kupferlegierungen konnte gezeigt werden, dass die Reaktivität von Kupfer mit SiC durch Zulegieren durch Zinn kontrolliert werden kann. Kupfer-Zinn-Legierungen stellen aufgrund der technologischen Bedeutung eine interessante Alternative zu Silber dar. Eine entsprechende Kontrolle der Reaktivität ist voraussichtlich ebenfalls mit Zink, Blei und Aluminium als Legierungselemente möglich. Angewendet werden sollen solche Komposite in der Verschleisschutztechnik, wo monolithisches SiC bereits eingesetzt wird, aber durch die Tendenz zu katastrophalem Spröbruch Einschränkungen bestehen. Einsatzgebiete für schadenstolerante SiC-Metall-Verbundwerkstoffe werden

in Bereichen gesehen, in denen dynamische Belastungen der Werkstoffe auftreten und ein Versagen, wenn überhaupt, nicht durch katastrophalen Sprödbbruch erfolgen soll, sondern eine langsame Rissausbreitung bis zum Restbruch erwünscht ist (metallähnliches Verhalten).

Neben drucklosen Infiltrationsverfahren ist eine Infiltration mit Druck denkbar, wobei durch die Aktivierung eine Druckreduktion erreicht wird. Drucklose Schmelzinfiltrationsverfahren stellen ein «near-net-shape»-Verfahren dar und haben gegenüber Druckinfiltrationsverfahren den Vorteil, die Infiltration dickwandiger und komplexerer Bauteile in einfachen Anlagen preisgünstiger zu ermöglichen. Weitere Alternativen sind Sinterprozesse, bei denen durch die Aktivierung das Verdichtungsverhalten verbessert wird.

Die hergestellten Composite sollten optimalerweise aus interpenetrierenden Netzwerken der metallischen und keramischen Komponenten bestehen bzw. aus einer metallischen Matrix mit einem hohen Volumenanteil an Keramik, wie beispielsweise 30–85% von SiC-Partikeln.

Die erhöhte Benetzbarkeit der Keramikkörper erfolgt somit durch Aktivierung der Grenzfläche der SiC-Matrix bzw. der Metalllegierung bei Infiltrationsverfahren bzw. des Grünkörpers bei Sinterprozessen durch die erfindungsgemäss erwähnten organischen oder anorganischen Titan- oder Chromverbindungen. Die Reaktionen dieser aktivierenden Verbindungen mit dem Keramikkörper bzw. mit SiC bzw. die entstehenden Reaktionsschichten erlauben eine gute Benetzung der keramischen Matrix durch das Metall. Als Basislegierungen werden Kupfer- und Silberlegierungen verwendet. Silber reagiert nicht mit SiC, im Fall der Kupferlegierung wird durch geeignete Legierungselemente, wie beispielsweise das oben erwähnte Zinn die Reaktivität mit SiC kontrolliert. Die Composite bestehen aus interpenetrierenden Netzwerken des Metalls und der Keramik bzw. aus in einer Metallmatrix eingebetteten Keramikpartikeln, wie beispielsweise SiC-Partikeln in sehr dichter Packung oder anderen Keramikstrukturen.

Als Basislegierung dienen:

- Silber (100–50 Gew.-%) -Kupfer (0–50 Gew.-%)
- Palladium (0–50 Gew.-%)-Legierungen
- Kupfer und Kupferlegierungen mit Zinnanteilen von 0–40 Gew.-%
- Bleianteile von 0–40 Gew.-%
- Zinkanteile von 0–50 Gew.-% und/oder Aluminiumanteilen von 0–20 Gew.-%
- andere Legierungselemente, wie Phosphor, Nickel, Eisen, Mangan, Indium usw. unter 10 Gew.-%.

Die Mengenanteile Chrom bzw. Titan, bezogen auf die Basislegierungen, betragen in der Regel ca. 0,5–25 Gew.-%.

Mögliche Herstellverfahren für das Herstellen von sogenannten Keramik-Metall-Compositen oder Metall-Keramik-Compositen sind nachfolgend beschrieben:

1. Infiltration von Metalllegierungen in poröse Keramikmatrizes, wie beispielsweise SiC-Matrizes:

1a) Matrixherstellung: Poröse keramische Vorkör-

per mit einer Porosität von 15–70% werden durch Verdichtung von Pulvermischungen, wie beispielsweise SiC-Pulver und organische oder anorganische Titan- oder Chromverbindungen sowie Binder und weitere Additive mittels Druck (uniaxiales Pressen, isostatisches Pressen, Heisspressen) oder durch Giessen (Schlickerguss, Druckguss) entsprechender Schlicker, d.h. Suspensionen von Pulver mit Additiven in Wasser, hergestellt. Man erhält dabei eine mehr oder weniger dichte Pulverpackung, ohne die Bildung eines kontinuierlichen Netzwerkes aus Keramikwerkstoff, wie beispielsweise SiC.

1b) Alternative Matrixherstellung: Grünkörper aus Keramikpulver, wie SiC-Pulver und Sinterzusätzen werden durch Pressen oder Schlickerguss unter Verwendung geeigneter Additive hergestellt. Durch Sintern dieser Grünkörper erhält man poröse keramische Vorkörper mit einer Porosität von 5–70%, die aus mehr oder weniger stark gebundenen, dreidimensionalen Keramiknetzwerken bestehen. Durch Abscheiden aus der Gasphase, wie beispielsweise CVD oder PVD oder aus flüssigen Suspensionen wird die Keramikoberfläche in den Poren mit anorganischen oder organischen Titan- oder Chromverbindungen beschichtet.

1c) Die so gemäss 1a und 1b hergestellten porösen Matrizes können drucklos bzw. unter Druck, wie beispielsweise beim Schleuderguss oder «Squeeze-casting», infiltriert werden. Die porösen Matrizes, auch als Preforms bezeichnet, werden als «verlorene Kerne» in die Giessformen eingelegt. Die Infiltrationstemperatur liegt knapp oberhalb des Schmelzpunktes der Legierung, d.h. ca. 10–100°C darüber. Die infiltrierenden Legierungen können zusätzlich ebenfalls mit Titan- oder Chromverbindungen aktiviert werden. Die Reaktionen der in den Vorkörpern oder Legierungen enthaltenen Chrom- oder Titanverbindungen beim Hochheizen bzw. bei Erreichen der Infiltrationstemperatur führen zu der Ausbildung von Reaktionsschichten auf den Keramikteilchen bzw. der Keramikoberfläche. Die dabei frei werdende Reaktionsenergie bzw. die Änderung der Grenzflächenstruktur durch Diffusionsvorgänge bzw. durch die neu gebildeten Schichten selbst erlauben die Benetzung der Keramik durch das Metall bzw. die Metalllegierungen.

2. Sinterprozesse:

2a) Grünkörper aus Keramik, wie SiC, Sinterzusätzen sowie der Basislegierung und anorganischen oder organischen Chrom- oder Titanverbindungen werden hergestellt. Dies erfolgt durch pulvertechnologische Verfahren, wie beispielsweise durch Schlickerguss, Spritzguss oder Extrusion. Die hergestellten Grünkörper mit einer Porosität unter 50% werden nach Ausbrennen der organischen Zusätze über Sinterprozesse verdichtet, beispielsweise durch druckloses Sintern, Heisspressen, heissisostatisches Pressen oder Flüssigphasensintern. Die beim Sinterprozess stattfindende Änderung der Grenzflächenstruktur bzw. die frei werdende Reaktionsenergie ermöglicht, wie bei den Infiltrationsprozessen, eine Benetzung der Keramik durch das Metall.

Anhand des nachfolgenden Beispiels der Benetzung und Infiltration von SiC durch Silber mittels Titanaktivierung sowie der ebenfalls in diesem Zusammenhang beigelegten Figuren soll die vorliegende Erfindung beispielsweise näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

Fig. 1 den Kontaktbereich titanaktivierten Silbers mit rekristallisiertem SiC,

Fig. 2 eine mit Silber infiltrierte titanaktivierte SiC Matrix, und

Fig. 3 einen Teilausschnitt aus Fig. 2, d.h. ein SiC-Korn mit Reaktionsschicht.

Benetzung und Infiltration von SiC durch Silber mittels Titan-Aktivierung:

Experimentelle Methoden:

Titanaktivierung der Legierung:

Als Matrix wurde rekristallisiertes SiC mit einer Porosität von 17% und einem mittleren Porendurchmesser von 22µm verwendet bzw. einfache Pulverschüttungen aus SiC-Pulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 105µm. Als Legierung wurde das als 0,2 mm dicke Folie vorliegende Aktivlot CB2 von Degussa eingesetzt, welches neben Silber als Basismaterial 4 Gew.-% Titan enthält. Teilweise wurde der Titangehalt auf 2 Gew.-% reduziert, indem auf eine Silberschicht eine entsprechende Schicht des Aktivlotes aufgebracht wurde. Die Legierung mit einem Titangehalt von 2 Gew.-% bildete sich dann in-situ.

Titanaktivierung der Matrix:

Hergestellt wurden pillenförmige Matrices durch Vermischen des für die Pulverschüttungen eingesetzten SiC-Pulvers mit 5,3 Gew.-% Titan im Turbula-Mischer, was einem Titangehalt von 3 Gew.-%, bezogen auf einen 40%-igen Volumenanteil Silber, entsprach. Die Verdichtung erfolgte durch uniaxiales Pressen mit einem Pressdruck von 32 MPa und anschließender kaltisostatischer Nachverdichtung bei einem Pressdruck von 1500 bar. Dabei wurden 4 Gew.-% Paraffin als Binder verwendet, welches nach dem Pressen bei 200°C ausgedampft wurde. Die so hergestellten Matrices wiesen eine Porosität von 40% und einen mittleren Porendurchmesser von 15µm auf. Das Silber wurde in Form von 3 mm dicken Scheiben auf die Matrices gelegt. Die Infiltrationsversuche wurden im Hochvakuum (10^{-6} mbar) bei 1000°C bei Haltezeiten von 1 h durchgeführt. Die Proben wurden anschliessend keramographisch untersucht.

Ergebnisse:

Eine Aktivierung durch Titan aus der Lotlegierung führt zwar zu einer Benetzung der Matrices durch die Legierung, eine Infiltration findet aber nur in der äussersten Randschicht statt, da die Porenöffnungen durch die entstehenden festen Reakti-

onsprodukte verschlossen werden. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt des AgTi-SiC-Kontaktbereiches. Hingegen wird ein gutes Benetzungs- und Infiltrationsverhalten von unlegiertem Silber durch in-situ Aktivierung mit dem in der SiC-Matrix enthaltenen Titan erreicht. Es kommt dabei zur Ausbildung dünner und gleichmässiger Reaktionsschichten auf den SiC-Körnern, ohne dass die Porenkanäle verschlossen werden. Gefügeausschnitte sind in Fig. 2 und 3 dargestellt. Es konnten somit Komposite mit einem SiC-Anteil bis 70 Vol-% hergestellt werden.

Zusammenfassung:

Am System Ag/SiC als Beispiel für ein nicht reaktiviertes System wurde die Möglichkeit einer Benetzung und Infiltration poröser SiC-Matrizes mittels einer Aktivierung mit Titan untersucht. Komposite mit einem SiC-Anteil bis 70 Vol-% konnten durch Aktivierung des Systems mit in der SiC-Matrix enthaltenem Titan hergestellt werden.

Die oben angeführten Verfahrensbeispiele sowie das Beispiel der Benetzung und Infiltration von SiC durch Silber mittels Titanaktivierung sollen lediglich dazu dienen, den Grundgedanken der vorliegenden Erfindung beispielsweise näher zu erläutern und stellen keine Einschränkung des Grundgedankens dar. Grundsätzlich geht es ja darum, die Benetzbarkeit poröser Matrices zu verbessern bzw. die Infiltration mittels metallischen Komponenten oder Metalllegierungen zu ermöglichen. Bekanntlich ist eine drucklose Infiltration poröser Matrices durch Metalle oder Legierungen ohne eine Aktivierung mit Titan- oder Chromverbindungen nicht möglich. Drucklose Infiltrationsverfahren bieten den Vorteil, komplexe Bauteile, die auch stark unterschiedliche Wandstärken aufweisen können, in einfachen und preiswerten Anlagen produzieren zu können. Druckinfiltrationsverfahren sind ebenso wie Sinterprozesse grundsätzlich auch ohne Aktivierung möglich. Der Vorteil der Aktivierung liegt hier allgemein in der Verbesserung des Benetzungsverhaltens zwischen Metall und Keramik. Dies führt zu einem verbesserten Verdichtungsverhalten und zu einer verringerten Rissbildung an den Metallkeramikgrenzflächen und damit zu Werkstoffen mit besserem Eigenschaftsprofil.

Als Fazit ergibt sich somit, dass es erfindungswesentlich ist, dass in Keramik-Metall-Komposite oder Metall-Keramik-Kompositen an den Grenzflächen zwischen den Keramiktellen und dem Metall bzw. den Metalllegierungen organische oder anorganische Chrom- oder Titanverbindungen angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Komposite bestehend aus einer Keramikmatrix mit eingebetteten metallischen Komponenten oder aus in einer Metallmatrix eingebetteten Keramikpartikeln bzw. -strukturen, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens partiell an der Grenzfläche zwischen metallischen Komponenten und den Keramikpartikeln bzw. der Keramikmatrix anorganische oder or-

ganische Titan- und/oder Chromverbindungen angeordnet sind.

2. Komposite nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Mengenanteil Titan oder Chrom 0,5–25 Gew.-%, bezogen auf die metallische Matrix bzw. die metallische Komponente, beträgt.

3. Komposite nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Keramikanteil 30–95 Vol.-% beträgt sowie als metallische Komponente bzw. als metallische Legierung Silber, Kupfer, eine Silber-Kupfer-Legierung oder eine Kupfer-Legierung vorliegt.

4. Komposite nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Komponente bzw. die Metalllegierung, ausgewählt aus der nachfolgenden Liste vorliegt:

- Silber (100–50 Gew.-%) -Kupfer (0–50 Gew.-%)
- Palladium (0–50 Gew.-%)-Legierung
- Kupfer- und Kupferlegierungen mit Zinnanteil 0–40 Gew.-%-Anteil
- Bleianteil 0–40 Gew.-%
- Zinkanteil 0–50 Gew.-%

Aluminiumanteil 0–20 Gew.-%, und/oder
– andere Legierungselemente, wie Phosphor, Nickel, Eisen, Mangan, Indium, mit einem Anteil unter 10 Gew.-%.

5. Keramik-Metall-Komposite, nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikmatrix aus SiC besteht mit einem SiC-Anteil von 30–95 Vol.-% und der Rest weitgehendste metallische Komponente ist.

6. Metall-Keramik-Komposite nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Silber, eine Silber-Kupfer-Legierung, Kupfer und/oder eine Kupfer-Legierung als Matrix vorliegt, sowie Keramikanteilen, beispielsweise in Form von SiC-Fasern.

7. Verfahren zur Herstellung von Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Kompositen nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass in eine Keramikmatrix oder eine Metallmatrix organische oder anorganische Titan- oder Chromverbindungen eingebracht werden, worauf anschliessend drucklos oder unter Druck metallische Komponenten oder Metalllegierungen in den Keramikkörper infiltriert werden bzw. Keramikkomponenten bzw. Keramikfasern in die Metallmatrix eingegeben werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst bei der Matrixherstellung, wie beispielsweise bei der Herstellung eines keramischen Vorkörpers durch Verdichten von Pulvermischungen oder durch Giessen von Keramikpulversuspensionen und Additiven in Wasser, organische oder anorganische Titan- oder Chromverbindungen miteingeführt werden, wodurch eine mehr oder weniger dichte Pulverpackung aus Keramikpulver erhalten wird, worauf drucklos oder unter Druck knapp oberhalb des Schmelzpunktes des Metalls bzw. der Metalllegierung diese in die poröse Matrix infiltriert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst ein Grünkörper aus Keramikpulver oder -fasern und Sinterzusätzen durch Pressen oder Schlickerguss unter Verwendung geeigneter Additive hergestellt wird, wobei dieser poröse, keramische Vorkörper nach einem Sinterpro-

zess aus mehr oder weniger stark gebundenen dreidimensionalen Keramiknetzwerken besteht, worauf durch Abscheiden aus der Gasphase, beispielsweise mittels CVD- oder PVD-Verfahren oder aus flüssigen Suspensionen die Keramikoberfläche in den Poren mit anorganischen oder organischen Titan- oder Chromverbindungen beschichtet wird, worauf die so hergestellte poröse Matrix drucklos oder unter Druck mit dem Metall bzw. einer Metalllegierung knapp oberhalb des Schmelzpunktes des Metalls oder der Legierung infiltriert wird.

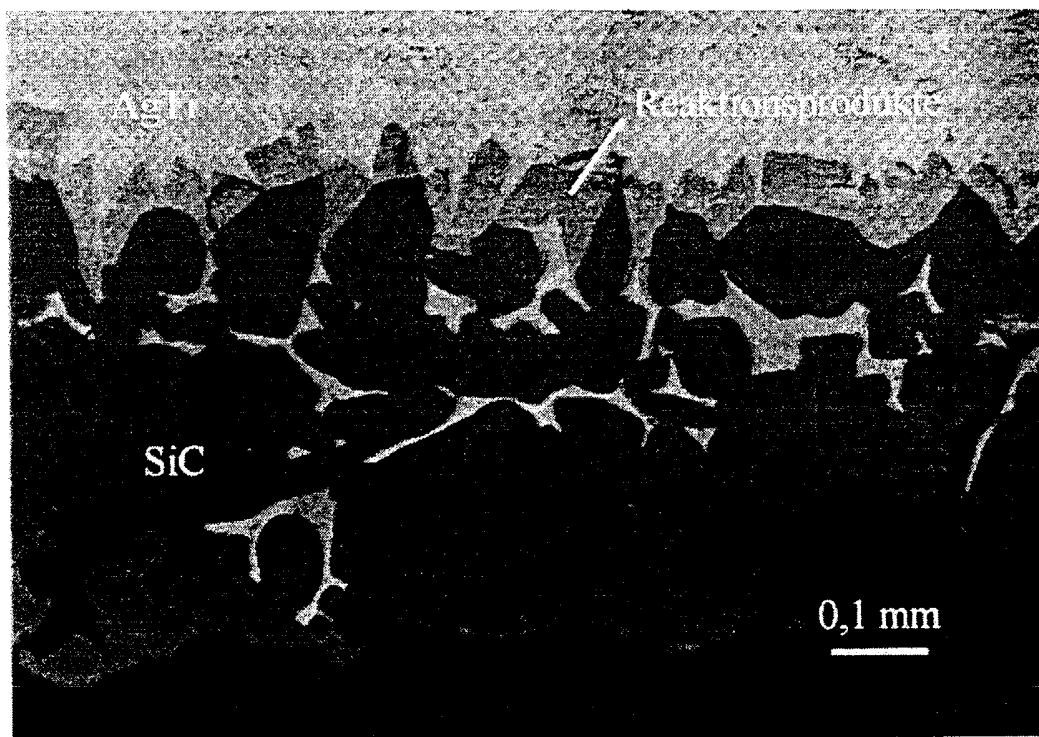
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die infiltrierenden Legierungen bzw. Metallkomponenten zusätzlich ebenfalls mit Titan- oder Chromverbindungen aktiviert werden.

11. Verfahren zur Herstellung von Keramik-Metall- oder Metall-Keramik-Kompositen nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet dass zunächst ein Grünkörper aus Keramikpulver oder -fasern, Sinterzusätzen, der Metallkomponente bzw. der Metalllegierung und anorganischen oder organischen Chrom- oder Titanverbindungen mittels pulvertechnologischen Verfahren hergestellt wird, wie beispielsweise durch Pressen, Schlickerguss, Spritzguss oder Extrusion.

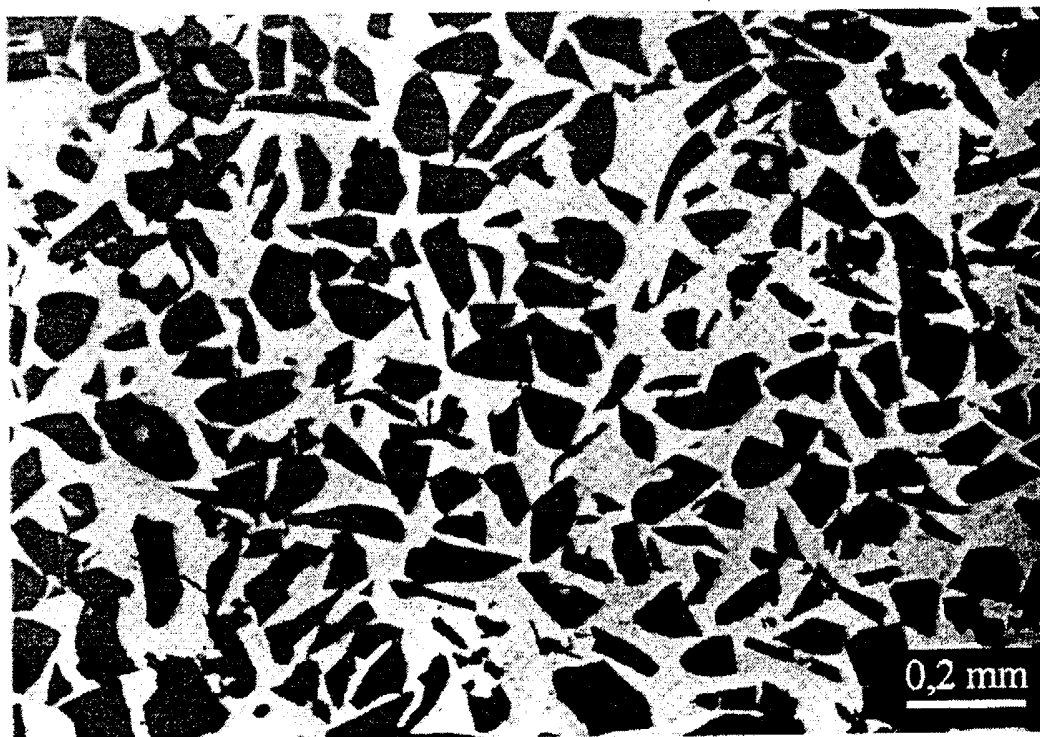
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der hergestellte Grünkörper mit einer Porosität unter ca. 50% nach Ausbrennen der organischen Zusätze über Sinterprozesse verdichtet wird, beispielsweise durch druckloses Sintern, Heisspressen, heissisostatischem Pressen oder Flüssigphasensintern, wobei die beim Sinterprozess stattfindende Änderung der Grenzflächenstruktur bzw. die freiwerdende Reaktionsenergie eine Benetzung der Keramik durch die Metallkomponente bzw. Legierung ermöglicht.

13. Verfahren zum Erhöhen der Benetzbarkeit einer Keramikmatrix zur Herstellung von Keramik-Metall-Kompositen nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass in den Keramikkörper organische oder anorganische Titan- oder Chromverbindungen eingeführt werden, welche die Benetzbarkeit der Grenzflächen im Keramikkörper durch die Metallkomponente bzw. Metalllegierung erhöhen.

Figur 1:



Figur 2:



Figur 3:

