



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 033 153 B4 2007.03.29**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 033 153.7**
 (22) Anmeldetag: **29.06.2004**
 (43) Offenlegungstag: **09.02.2006**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F23Q 7/00 (2006.01)**
C04B 35/58 (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. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:

10 2004 029 322.8 11.06.2004

(73) Patentinhaber:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München,
 DE; Webasto AG, 82131 Gauting, DE**

(74) Vertreter:

**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 01217
 Dresden**

(72) Erfinder:

**Herrmann, Mathias, Dr.rer.nat., 01640 Coswig, DE;
 Klemm, Hagen, Dr.rer.nat., 01217 Dresden, DE;
 Moritz, Tassilo, Dr.-Ing., 09599 Freiberg, DE; Lenk,
 Reinhard, Dr.rer.nat., 01328 Dresden, DE; Richter,
 Hans-Jürgen, Dr., 01257 Dresden, DE; Göttler,
 Andreas, 89073 Ulm, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 199 30 334 C2
DE 100 53 327 C2

DE 197 51 696 A1

DE 100 85 318 T5

US 49 14 274

US 48 74 923

EP 09 05 107 A2

EP 07 67 154 A1

EP 10 56 690 B1

EP 09 27 709 B1

WO 93/22 256 A1

**Bell, N.S. et al.: Temperature Induced Forming,
 Application of bridging flocculation to near-net
 shape production of ceramic parts, Zeitschrift für
 Metallkunde, 90, 1996/6, S. 388-390;**

**Chen, Y. et al.: Alumina Casting Based on gela-
 tion of Gelatine, J. europ. Ceram. Soc. 19, 1999,
 S 271-275;**

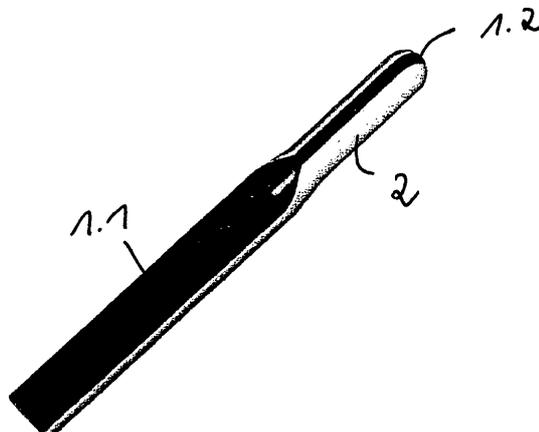
**Gaule, T.J. et al.: Casting uniform ceramics with
 direct coagulation, Chemtech, June, 1995,
 S.31-37;**

**Omatete, O.O. et al.: Gelcasting- a new ceramic
 forming process, Am. Ceram. Soc. Bull. 70, 1991,
 S. 1641-1649;**

(54) Bezeichnung: **Glühkerze und Verfahren zu ihrer Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Glühkerze aus einem Verbund gesinterter Keramikwerkstoffe, mit einem elektrisch leitenden (1) und einem elektrisch nicht leitenden Teil (2), die gebildet sind aus Bereichen unterschiedlicher Zusammensetzung gesinterter Keramikverbundwerkstoffe, wobei das elektrisch leitende Teil (1) den elektrisch nicht leitenden Teil (2) von zwei gegenüberliegenden Seiten einfasst und einen Verbindungsbereich (1.1) sowie Heizbereich (1.2) aufweist, wobei im Heizbereich (1.2) der elektrisch leitende Teil (1) derart verjüngt ist, dass das Querschnittsflächenverhältnis des elektrisch leitenden Teils (1) zwischen Verbindungsbereich (1.1) und Heizbereich (1.2) von 2,5 bis 5 zu 1 eingehalten ist, und wobei im Heizbereich (1.2) diejenige Oberfläche des elektrisch leitenden Teils (1), welche in unmittelbarem Kontakt mit dem Brennstoff-Verbrennungsgemisch steht, derart reduziert ist, dass im Heizbereich (1.2) die Oberfläche des elektrisch leitenden Teils (1) zu 60 bis 85 % vom Werkstoff

des elektrisch nicht leitenden Teils (2) überdeckt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Glühkerze aus einem Verbundgesintester Keramikwerkstoffe sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Glühkerze.

[0002] Dabei sind an den erfindungsgemäßen Glühkerzen einmal ein elektrisch leitendes und ein elektrisch nicht leitendes Teil aus gesintertem Keramikverbundwerkstoff vorhanden. Das elektrisch leitende Teil fasst das elektrisch nicht leitende Teil im Wesentlichen von zwei gegenüberliegenden Seiten ein und weist in einem distalen Bereich einen vergrößerten Querschnitt und in einem proximalen Bereich einen sich gegenüber dem distalen Bereich verjüngten Heizbereich auf.

[0003] Die erfindungsgemäßen Glühkerzen können bevorzugt in mit Kraftstoffen betriebenen Standheizungen eingesetzt werden, wie sie mittlerweile in vielen Kraftfahrzeugen installiert werden.

[0004] Dabei werden sie Temperaturen oberhalb von 1200°C ausgesetzt, so dass es aus dem Stand der Technik bereits auch bekannt ist, keramische Verbundwerkstoffe für die Herstellung solcher Glühkerzen einzusetzen, deren elektrische Leitfähigkeit durch entsprechende Konsistenz keramischer Verbundwerkstoffe gezielt beeinflusst werden kann, um elektrisch leitende und elektrisch nicht leitende Eigenschaften in bestimmten Bereichen solcher Glühkerzen einhalten zu können.

Stand der Technik

[0005] Eine Glühkerze mit einem hohlen Metallhalter und einem paar paralleler Keramikleiter ist in der US 48 74 923 beschrieben.

[0006] So ist es aus DE 100 53 327 C2 bekannt, MoSi₂ und Si₃N₄ enthaltende keramische Verbundwerkstoffe einzusetzen. Dabei wird die elektrische Leitfähigkeit durch entsprechend unterschiedliche Anteile dieser Komponenten gezielt beeinflusst. Dementsprechend können mit erhöhten Anteilen an MoSi₂ die elektrische Leitfähigkeit deutlich erhöht werden und im Gegensatz dazu, werden bei relativ geringeren Anteilen an MoSi₂ elektrisch isolierende Teile oder Teilbereiche hergestellt bzw. ausgebildet.

[0007] Da die aus dem Stand der Technik bekannten Glühkerzen nachfolgend an ein mehrstufiges Spritzgießverfahren fertig gesintert werden sollen, sind auch zusätzlich Sinteradditive im Ausgangswerkstoffkomposit enthalten.

[0008] Für das Spritzgießen sind aber bestimmte Eigenschaften erforderlich, so dass sich der Anteil zugemischter organischer Komponenten in die festen

üblicherweise pulverförmigen Ausgangsstoffe, nämlich das MoSi₂, das Si₃N₄ und die Sinteradditive erhöht ist.

[0009] Diese organischen Bestandteile müssen aber vollständig ausgetrieben werden, da eine aus rein anorganischem Werkstoff hergestellte Glühkerze gewünscht wird.

[0010] Das Austreiben der organischen Stoffe wird aber durch den Aufbau des nach dem Spritzgießen vorliegenden Formkörpers einmal durch dessen Gestaltung und zum anderen durch die Konsistenz des Werkstoffkomposits erschwert, so dass sich für das Austreiben der organischen Stoffe ein erheblicher Zeitaufwand erforderlich macht. Für das Austreiben müssen infolge einer gezielten Erwärmung offene Porenkanäle gebildet werden, durch die nachfolgend aus dem Inneren die organischen Stoffe entweichen können. Die Porenkanäle bilden sich aber sukzessive, ausgehend von der Oberfläche relativ langsam aus.

[0011] Des Weiteren muss beachtet werden, dass diese Porenkanäle nachfolgend bei einem Sinterprozess möglichst vollständig wieder geschlossen werden und in jedem Fall eine Rissbildung vermieden werden muss.

[0012] Die aus dem Stand der Technik bekannten Glühkerzen sind aber auch bei vielen Einsatzbedingungen kritisch, da sie bedingt durch die eingesetzten Keramikverbundwerkstoffe zur Oxidation neigen, was sich nachteilig auf die Lebensdauer und den erreichbaren Wirkungsgrad während des Einsatzes auswirkt.

Aufgabenstellung

[0013] Es ist daher Aufgabe der Erfindung solche Glühkerzen zur Verfügung zu stellen, die kostengünstig und flexibel hergestellt werden können, eine erhöhte Lebensdauer und Oxidationsresistenz erreichen.

[0014] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit Glühkerzen, die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweisen, gelöst. Sie können mit einem Verfahren, wie es mit Anspruch 12 definiert ist, hergestellt werden.

[0015] Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den jeweiligen untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

[0016] Die erfindungsgemäßen Glühkerzen mit den beiden, eine jeweils unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit aufweisenden Teilen aus einem gesinterten Keramikverbundwerkstoff sind dabei so ausgebildet, dass für das elektrisch leitende Teil ein Querschnitts-

verhältnis von 2,5 bis 5 zu 1 für den distalen Bereich, der einen vergrößerten Querschnitt gegenüber dem querschnittsverjüngten proximalen Heizbereich einhält und außerdem der proximale Heizbereich zu 60 bis 85 % seiner Oberfläche vom Werkstoff, der das elektrisch nicht leitende Teil bildet, überdeckt wird.

[0017] Dadurch reduziert sich die Oberfläche des elektrisch leitenden Teils, die bei Anlegung einer elektrischen Spannung erhitzt wird und in unmittelbarem Kontakt mit dem Brennstoff-Verbrennungsgasgemisch steht.

[0018] Große Oberflächenbereiche des elektrisch leitenden Teils im proximalen Heizbereich sind dementsprechend von drei Seiten mit elektrisch nicht leitendem Keramikverbundwerkstoff umschlossen und so vor Oxidation geschützt. Die den elektrisch leitenden Keramikverbundwerkstoff überdeckende isolierende Schicht sollte bei 0,5 bis 0,9 eine Grenzfläche mit einer Dicke > 100 µm aufweisen.

[0019] Außerdem soll der elektrische Leitungswiderstand des distalen Bereichs infolge seines entsprechend vergrößerten Querschnitts im Bereich zwischen 10 und 40 % in Bezug zum gesamten elektrischen Leitungswiderstand eines elektrisch leitenden Teils liegen.

[0020] Für die jeweiligen Keramikverbundwerkstoffe können als Ausgangsstoffe MoSi_2 , Si_3N_4 und mindestens ein Sinteradditiv eingesetzt werden, wobei insbesondere das Verhältnis MoSi_2 zu Si_3N_4 die elektrische Leitfähigkeit bestimmt und dementsprechend erhöhte Anteile von MoSi_2 im elektrisch leitenden Teil, bevorzugt mindestens 60 Masse-%, enthalten sein sollten. Im Gegensatz dazu sollte der Anteil an MoSi_2 im elektrisch nicht leitenden Teil im Bereich von ca. 40 Masse-% und gegebenenfalls auch darunter liegen.

[0021] Da, wie bereits eingangs erwähnt, die erfindungsgemäßen Glühkerzen auch in erhöhten Temperaturbereichen eingesetzt werden sollen, sollten möglichst hochrefraktäre Sinteradditive eingesetzt werden. Hierbei sind insbesondere Seltenerdoxide, wie z.B. Y_2O_3 , zu bevorzugen. Selbstverständlich können aber auch Mischungen von Seltenerdoxiden als Sinteradditive eingesetzt werden.

[0022] Andere Oxide sollten jedoch nicht als Sinteradditiv oder Verunreinigung enthalten sein, da sie unter den in Rede stehenden Einsatzbedingungen zu einer starken Oxidation neigen. So sollte insbesondere vermieden werden, dass Al_2O_3 oder auch MgO im Keramikverbundwerkstoff enthalten ist/sind. Dabei wirken sich bereits sehr geringe Anteile solcher Oxide auch unterhalb 0,5 Masse-% entsprechend nachteilig aus und führen zu einer erheblichen Verkürzung der erreichbaren Lebensdauer solcher Glüh-

kerzen. Die eingesetzten Pulvermischungen sollten vollständig frei von Aluminium und Aluminiumoxid sein, wobei darunter ein Mindestanteil ≤ 1000 ppm verstanden werden soll.

[0023] Als bevorzugtes Sinteradditiv kann Y_2O_3 eingesetzt werden, das mit einem Anteil von ca. 10 Masse-% allein enthalten sein kann. Es besteht aber auch die Möglichkeit ein Gemisch von Seltenerdoxiden einzusetzen. Dabei können zusätzlich mindestens ein weiteres Seltenerdoxid mit R_2O_3 , wobei R = La ... Lu, Sc sein kann, eingesetzt werden. Dabei sollte ein Verhältnis $\text{Y}_2\text{O}_3/(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{R}_2\text{O}_3)$ im Bereich 0 bis 0,9, besonders bevorzugt im Bereich 0,3 bis 0,8 eingehalten sein. Das Mol-Verhältnis $(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{R}_2\text{O}_3)/\text{SiO}_2$ im fertigen Keramikverbundwerkstoff sollte $\leq 0,55$ zu 1 sein, um die gewünschte Hochtemperaturfestigkeit über eine erhöhte Lebensdauer einhalten zu können.

[0024] Vorteilhaft können dem Ausgangswerkstoffkomposit auch Elemente und chemische Verbindungen, wie beispielsweise Mo, W, WC, MoO_3 , Mo_5Si_3 zugegeben werden. Daraus ergibt sich auch die Möglichkeit, dass während der Sinterung MoSi_2 reaktiv gebildet wird, wobei der reaktiv gebildete MoSi_2 -Anteil oder WMoSi_2 -Anteil im Bereich zwischen 0,5 bis 10 Masse-% liegen sollte.

[0025] Dementsprechend können beim Sintern Sinterhalse gebildet werden, die die elektrische Leitfähigkeit vorteilhaft beeinflussen. Ein höherer Anteil an reaktiv gebildetem MoSi_2 sollte jedoch vermieden werden, da dies zu einer Verschlechterung der Reproduzierbarkeit der Verdichtung des Keramikverbundwerkstoffes beim Sintern führt.

[0026] Im fertig gesinterten Keramikverbundwerkstoff können neben dem MoSi_2 zusätzlich auch Mo_5Si_3 enthalten sein, wobei ein Anteil von Mo_5Si_3 oberhalb 15 Masse-%, bevorzugt oberhalb 10 Masse-% vermieden werden sollte.

[0027] Für die Formgebung und Dimensionierung der beiden wesentlichen Elemente der erfindungsgemäßen Glühkerze sollte auch berücksichtigt werden, dass ein möglichst kontinuierlicher Übergang zwischen distalem Bereich und proximalem Heizbereich des elektrisch leitenden Teils eingehalten wird, indem ein schroffer Übergang vermieden ist. Dies wirkt sich nicht nur vorteilhaft auf die elektrischen Eigenschaften, sondern auch beim Sintern aus, da so Schwindungsrisse und Spannungen weitestgehend vermieden werden können.

[0028] Der jeweilige Querschnitt des gegenüber dem distalen Bereich verjüngten proximalen Heizbereichs sollte möglichst in den zwei möglichen Dimensionen annähernd gleichmäßig verjüngt ausgebildet sein, was beispielsweise mit einem rotationssymmetrischen bzw. annähernd rotationssymmetrischen

Querschnitt in diesem Bereich erreichbar ist.

[0029] An einer erfindungsgemäßen Glühkerze sollte vorteilhaft auch eine Oxidationsschutzschicht ausgebildet sein, wobei diese Oxidationsschutzschicht zumindest den distalen Bereich einer Glühkerze überdecken sollte. Dies vermindert, dass gegebenenfalls beim Betrieb gebildete Russpartikel sich auf dem elektrisch nicht leitenden Teil ablagern und zu einer Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit bis hin zum Kurzschluss führen können, was wiederum einen negativen Einfluss auf die Regelung bzw. Steuerung der Temperatur am proximalen Heizbereich führen kann.

[0030] Oxidationsschutzschichten können beispielsweise aus Glas, SiO_2 oder Keramik, wie bevorzugt Si_3N_4 ausgebildet sein. Die Oxidationsschutzschichten können mit Hilfe von Precursoren, wie Siloxanen oder Silanen durch Glasieren oder reaktives Glasieren gebildet werden.

[0031] Des Weiteren besteht auch eine Möglichkeit zur Ausbildung einer relativ dünnen Oxidationsschutzschicht aus SiO_2 durch infolge einer Oxidation erreichbare Umsetzung von MoSi_2 zu SiO_2 .

[0032] Die erfindungsgemäße Herstellung von Glühkerzen kann so erfolgen, dass die beiden wesentlichen Elemente der Glühkerzen aus einer Pulvermischung des Keramikverbundwerkstoffes mit jeweils geeigneter Zusammensetzung, insbesondere was die in den Pulvermischungen enthaltenen Anteile an MoSi_2 und gegebenenfalls zusätzlich enthaltenem Mo_5Si_3 in Bezug zum jeweiligen Anteil an Si_3N_4 betrifft, mit denen die jeweils gewünschte elektrische Leitfähigkeit im Wesentlichen beeinflusst werden kann, eingesetzt und vor dem eigentlichen Sinterprozess einer vorab zu erfolgenden Formgebung unterzogen werden.

[0033] Dabei besteht in einer Alternative die Möglichkeit, das elektrisch nicht leitende Teil auch in aus dem Stand der Technik bekannter Weise durch Spritzgießen einer Formgebung zu unterziehen und so herzustellen. Erfindungsgemäß wird aber zumindest das aus einer zweiten geeigneten Pulvermischung herzustellende elektrisch leitende Teil einem kolloidalen Formgebungsverfahren unterzogen und dabei an dem vorab erhaltenen Formkörper für das nicht elektrisch leitende Teil angeformt. Die Vorgehensweise kann aber auch so erfolgen, dass die Anformung des elektrisch nicht leitenden Teils an ein elektrisch leitendes Teil erfolgt.

[0034] Nach Anformung des elektrisch leitenden Teils werden enthaltene organische Komponenten und gegebenenfalls auch weitere flüchtige Komponenten, wie beispielsweise eine Flüssigkeit ausgetrieben. Im Nachgang erfolgt dann die Fertigstellung

der Glühkerzen durch einen an sich herkömmlichen Sinterprozess, der bevorzugt in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt werden sollte.

[0035] Werden sowohl die Formkörper für das elektrisch leitende Teil, wie auch für das elektrisch nicht leitende Teil durch ein kolloidales Formgebungsverfahren bzw. das nicht elektrisch leitende Teil, insbesondere auch durch Spritzgießen hergestellt, sollten die Formkörper für nicht elektrisch leitende Teile vorab einer Temperaturbeaufschlagung unterzogen werden, um zumindest die organischen Komponenten auszutreiben, bevor die Anformung für das elektrisch leitende Teil durchgeführt wird.

[0036] Als kolloidale Formgebungsverfahren kommen beispielsweise Gelcasting, aber auch die so genannten „Coagulationcasting-Verfahren“, wie z.B. eine Temperatur beeinflusste bzw. induzierte Formgebung (TIF) in Frage.

[0037] In allen Fällen wird mit den pulverförmigen Ausgangsstoffen, nämlich dem MoSi_2 , dem gegebenenfalls auch Mo_5Si_3 zugegeben worden ist, Si_3N_4 und Sinteradditive in Form von Seltenerd oxiden eine Suspension, die aus einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser oder auch einem organischen Lösungsmittel gebildet ist, hergestellt. In der Suspension sind dann weitere organische Stoffe enthalten, die die Formgebung unterstützen können. Dabei ist der Anteil an organischen Komponenten im Vergleich zu dem für eine Formgebung durch Spritzgießen erforderlichen Anteil deutlich reduziert. Hierbei soll der Anteil an organischen Lösungsmitteln unberücksichtigt bleiben.

[0038] Wird beispielsweise die Formgebung mit dem Gelcasting-Verfahren, wie es von OMATETE, 0.0 et al.; „Gelcasting – a new ceramic forming process“; In: Am. Ceram. Soc. Bull. 1991 (70); Seiten 1641 bis 1649, und auch in US 48 94 194 beschrieben ist, durchgeführt, wird eine Suspension mit den pulverförmigen Ausgangsstoffen für den Keramikverbundwerkstoff mit den jeweils erforderlichen Anteilen der einzelnen Komponenten eines elektrisch leitenden bzw. eines elektrisch nicht leitenden Teils eingesetzt, in der ein Monomer und ein Vernetzer enthalten sind und der zusätzlich ein zur Gelbildung und einer Verfestigung führender Initiator zugegeben werden kann und/oder die Verfestigung durch eine Temperaturerhöhung erreichbar ist.

[0039] Die Suspension kann in eine eine Negativkontur des elektrisch nicht leitenden Teils oder auch der Glühkerzenkontur aufweisende Form eingefüllt werden. Innerhalb der Form erfolgt eine Polymerisation des Monomers, die zu einer Teilverfestigung der Suspension führt. Dabei kann die Polymerisation durch eine Erwärmung unterstützt werden, so dass die erforderliche Zeit verkürzt werden kann.

[0040] Die eingesetzte Form kann eine dichte, nicht poröse Oberfläche aufweisen, so dass ein Eindringen von Teilen der Suspension in den Formwerkstoff vermieden werden kann.

[0041] Nachdem eine ausreichende Festigkeit des Formkörpers innerhalb der Form durch die erfolgte Polymerisation erreicht worden ist, kann der so erhaltene Formkörper entformt werden, gegebenenfalls getrocknet, dann die organischen Stoffe ausgetrieben und ein Sinterprozess durchgeführt werden.

[0042] Es kann aber auch eine kolloidale Formgebung durch das direkte Coagulationsformgebungsverfahren (direct coagulation casting: DCC), wie es von GRAULE, T. J. et al.; „Casting uniform ceramics with direct coagulation“; In: CHEMTECH; JUNE 1995; Seiten 31 bis 37, bzw. durch Temperatur beeinflusste Formgebung (TIF), wie es von BELL, N. S. et al.; „Temperature Induced Forming; Application of bridging flocculation to near-net shape production of ceramic parts“; In: Zeitschrift für Metallkunde, 1999 6; Seiten 388 bis 390, bzw. in DE 197 51 696 A1 beschrieben ist, eingesetzt werden. Diese beiden Verfahren beruhen auf einer Aufhebung oder Verringerung elektrostatisch abstoßender Kräfte zwischen den dispergierten Keramikpulverteilchen infolge einer pH-Wertverschiebung und/oder einer Änderung der Ionenkonzentration (DCC) bzw. einer Temperaturerhöhung (TIF). Die dadurch erreichbare Teilchenkoagulation führt ebenfalls zu einer Verfestigung der Suspension.

[0043] So kann die erforderliche Koagulation beim Temperatur beeinflussten Formgebungsverfahren (TIF) mit einer Temperaturerhöhung auf ca. 65°C eine ausreichende Verfestigung des so erhaltenen Formkörpers erreicht werden.

[0044] Für den Fall, dass der Formkörper für das nicht elektrisch leitende Teil in dieser Form hergestellt worden ist und in einer anderen Form oder durch Entfernung von zusätzlichen Elementen aus der vorab benutzten Form das zweite elektrisch leitende Teil angeformt werden soll, sollte der Formkörper für das nicht elektrisch leitende Teil auf dieser Temperatur gehalten werden, wenn die zweite Suspension/Dispersion mit dem erhöhten Anteil MoSi_2 oder MoSi_2 mit Mo_5Si_3 in das Innere der Form eingefüllt wird.

[0045] Neben den bereits erwähnten kolloidalen Formgebungsverfahren kann auch eine Formgebung mittels einer Gelierung von Gelatine bei einer Temperaturverringerung eingesetzt werden, wie es beispielsweise von CHEN, Y. et al.; „Alumina Casting Based on gelation of Gelatine“; In: J. europ. Ceram. Soc.; 1999 (19); Seiten 271 bis 275, beschrieben ist.

[0046] Eine Verfestigung für die Ausbildung eines ausreichend festen Formkörpers kann aber auch mit

Hilfe von Proteinen oder auch durch die Gelierung von Stärke bei einer entsprechenden Temperaturerhöhung erreicht werden. Eine Möglichkeit, bei der eine Verfestigung mit Proteinen erreichbar ist, ist aus EP 0 767 154 A1 bekannt. Eine Gelierung mittels Stärke ist in EP 0 927 709 B1 beschrieben.

[0047] Des Weiteren kann der Verfestigungseffekt einer Suspension mit enthaltenen Partikeln für den Keramikverbundwerkstoff auch durch Aufhebung der Wirkung eines Dispergierhilfsmittels, indem dieses durch eine chemische Reaktion in der Suspension/Dispersion abgebaut oder verändert wird, erreicht werden. Dies ist beispielsweise aus EP 0 905 107 A2 bekannt.

[0048] Eine weitere Möglichkeit, wie eine Verfestigung bei der gewünschten Formgebung, die zur Ausbildung von Formkörpern führt, ist in WO 93/22256 A1 offenbart. Hierbei wird eine Verringerung der Löslichkeit organischer Komponenten mit einer Temperaturveränderung innerhalb der jeweiligen Suspension ausgenutzt.

[0049] Für den Fall, dass die Verfestigung, die zur Ausbildung eines Formkörpers führt, nur durch eine Temperaturänderung erreicht wird, wie dies beispielsweise beim Temperatur beeinflussten Formgebungsverfahren (TIF) der Fall ist, sollte ein zuerst erhaltener Formkörper, insbesondere der der letztendlich das nicht elektrisch leitende Teil bildet, vor dem Eingießen der Suspension in eine Form für die Anformung und Formgebung des zweiten Formkörpers für das elektrisch leitende Teil, nicht wieder auf die Ausgangstemperatur gebracht werden.

[0050] Die bereits erwähnten kolloidalen Formgebungsverfahren können in Kombination eingesetzt werden. So besteht die Möglichkeit, zuerst den Formkörper für das nicht elektrisch leitende Teil mit einem Verfahren und dann die Anformung des Formkörpers für das zweite elektrisch leitende Teil mit einem anderen Formgebungsverfahren vorzunehmen.

[0051] Bei den jeweiligen Formgebungsverfahren sollte aber der in jeweiligen Suspensionen enthaltene Feststoffvolumenanteil aufeinander abgestimmt sein, so dass bei einer Trocknung/Sinterung jeweils eine gleichmäßige Schwindung erreichbar ist.

[0052] Im Falle, dass der Formkörper für das elektrisch nicht leitende Teil durch Spritzgießen erhalten worden ist, sollte der Formkörper nach dem Spritzgießen von organischen Komponenten, durch eine Entbinderung befreit werden, bevor mit einem anderen Formgebungsverfahren die Anformung des Formkörpers für das elektrisch leitende Teil, durch Befüllung einer Form mit einer entsprechenden Suspension durchgeführt wird.

[0053] Vor Befüllung mit einer entsprechenden Suspension, kann die beim Entbindern entstandene offene Porosität mit der Flüssigkeit, die für die Suspension des elektrisch leitenden Teils der zweiten Komponente genutzt wird, befüllt und verschlossen werden, damit gewährleistet ist, dass die offene Porosität des entbinderten, spritzgegossenen Formkörpers des elektrisch nicht leitenden Teils nicht saugend auf die Flüssigkeit in der Suspension der elektrisch leitenden Komponente wirkt.

[0054] Anstelle der bereits erwähnten Formen mit dichter, nicht poröser Oberfläche können aber auch poröse Formen, die in Grenzen auch die jeweilige Flüssigkeit aufsaugen, wie sie beispielsweise aus Gips vorbereitet werden können, eingesetzt werden.

[0055] In einer solchen Form wird der aus der Suspension vorbereitete Formkörper erstellt und nachdem an sich bekannten Scherbenbildungsprozess, der erhaltene Formkörper mit einer ausreichend hohen Grünfestigkeit im noch nicht getrockneten Zustand belassen. Im Anschluss kann dann die Anforderung eines Formkörpers für das elektrisch leitende Teil beispielsweise durch Gelcasting, durch direktes Koagulationsformgebungs-Verfahren (DCC) bzw. auch mit einem anderen der vorab erklärten und bezeichneten kolloidalen Formgebungsverfahren ausgebildet werden.

[0056] In allen Fällen sollten möglichst die Feststoffvolumenanteile in den beiden eingesetzten Ausgangssuspensionen für einen elektrisch leitenden und einen elektrisch nicht leitenden Keramikverbundwerkstoff so eingestellt werden, dass Defekte, wie beispielsweise Risse infolge unterschiedlicher Trocknungsschwindigkeit vermieden werden können. Dabei sollten möglichst auch gleiche Flüssigkeitsvolumenanteile und gleiche Volumenanteile von organischen Stoffen eingehalten werden.

[0057] Die getrockneten und eine ausreichend hohe Grünfestigkeit aufweisende miteinander verbundenen Formkörper können dann zu einer fertigen Glühkerze gesintert werden. Vor dem eigentlichen Sinterprozess sollten jedoch sämtliche organischen Komponenten durch eine Wärmbehandlung ausgetrieben worden sein.

[0058] Nachdem Sinterprozess kann eine mechanische Nachbearbeitung durchgeführt werden, bei der beispielsweise ein gezielter formgebender Werkstoffabtrag durchgeführt wird. Außerdem können Kontaktelemente für eine elektrische Kontaktierung angebracht werden.

[0059] Die für mindestens eines der beiden Teile einer Glühkerze einzusetzenden kolloidalen Formgebungsverfahren benötigen gegenüber der bekannten Spritzgusstechnik einen deutlich reduzierten Anteil

organischer Stoffe, so dass sowohl die Herstellungskosten, wie auch die Umweltbelastung reduziert sind. Der Anteil organischer Komponenten, der in Summe in einer hierfür eingesetzten Suspension/Dispersion enthalten ist, sollte ≤ 10 Masse-% bezogen auf den Feststoffanteil sein.

[0060] Außerdem sind Kohlenstoffanteile kritisch und beeinflussen die Sinterung negativ, da feinstdisperses MoSi_2 bereits eine hohe Oxidationsneigung bei Temperaturen oberhalb 300°C aufweist.

Ausführungsbeispiel

[0061] Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

[0062] Dabei zeigen:

[0063] [Fig. 1](#) ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Glühkerze;

[0064] [Fig. 2](#) ein elektrisch leitendes Teil für das Beispiel nach [Fig. 1](#);

[0065] [Fig. 3](#) ein elektrisch nicht leitendes Teil für eine Glühkerze nach [Fig. 1](#);

[0066] [Fig. 4](#) ein Stickstoffdruck-Temperaturdiagramm beim Sintern und

[0067] [Fig. 5](#) REM-Schliffaufnahmen einer fertig gesinterten Glühkerze.

[0068] Die in [Fig. 1](#) gezeigte Glühkerze wird im Wesentlichen aus den beiden Teilen, nämlich dem elektrisch nicht leitenden Teil **2** und dem elektrisch leitenden Teil **1** gebildet, wobei letztgenanntes Teil **1** an das elektrisch nicht leitende Teil **2** angeformt ist. Wie insbesondere aus [Fig. 2](#) deutlich erkennbar, ist das elektrisch leitende Teil **1** so ausgebildet, dass es einen Verbindungsbereich **1.1** mit einem vergrößerten Querschnitt aufweist, an den sich ein proximaler Heizbereich **1.2** anschließt. Der proximale Heizbereich **1.2** weist einen gegenüber dem Verbindungsbereich **1.1** verjüngten, also deutlich verkleinerten Querschnitt auf, was zu einer Erhöhung des elektrischen Leitungswiderstandes im proximalen Heizbereich **1.2** führt. Wird nunmehr das elektrisch leitende Teil **1** an eine elektrische Spannungsquelle angeschlossen, erhitzt sich der proximale Heizbereich **1.2** beim Betrieb der erfindungsgemäßen Glühkerze.

[0069] Bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel für eine erfindungsgemäße Glühkerze wird ein Querschnittsverhältnis am elektrisch leitenden Teil **1** von 3,5 zu 1 für den Verbindungsbereich **1.1** in Bezug zum entsprechend querschnittsverjüngten proximalen Heizbereich **1.2** eingehalten.

[0070] Insbesondere in [Fig. 1](#) wird deutlich, dass ein Oberflächenbereich von 75 % des proximalen Heizbereiches **1.2** vom Keramikverbundwerkstoff des elektrisch nicht leitenden Teils **2** überdeckt ist, so dass der überwiegende Teil im Oberflächenbereich des proximalen Heizbereiches **1.2** umschlossen worden ist.

[0071] Bei diesem Beispiel weist die Glühkerze eine Gesamtlänge von 50 mm auf. Der proximale Heizbereich **1.2** hat bei diesem Beispiel eine Länge von 16 mm.

[0072] Der Querschnitt des Verbindungsbereiches **1.1** beträgt 6 mm^2 und der Querschnitt des proximalen Heizbereiches **1.2** beträgt 2 mm^2 und ist rotations-symmetrisch ausgebildet. Eine sich gleichmäßig ver-ringernde Querschnittsverengung ist lediglich im Übergangsbereich zwischen Verbindungsbereich **1.1** und proximalem Heizbereich **1.2** vorgesehen. An-sonsten wurden keine Querschnittsveränderungen im Verbindungsbereich **1.1** und im proximalen Heiz-bereich **1.2** vorgenommen.

[0073] Die Glühkerze ist in Bezug zu einer Ebene, die parallel zur Längsachse der Glühkerze ausge-richtet ist, symmetrisch ausgebildet.

[0074] Nachfolgend sollen Möglichkeiten für die Herstellung erfindungsgemäßer Glühkerzen sowie geeignete Keramikverbundwerkstoffe aufgezeigt werden.

Beispiel 1

[0075] Für die Herstellung eines nicht elektrisch lei-tenden Teils **1** wurden pulverförmiges Si_3N_4 mit einer Gesamtmasse von 83,5 g (60,02 Masse-%), 44,5 g (31,98 Masse-%) pulverförmiges MoSi_2 (Grade B von der Firma H.C.Starck, DE kommerziell erhältlich) so-wie pulverförmiges Y_2O_3 Grade C (kommerziell er-hältlich von der Firma H.C.Starck, DE) mit einer Ge-samtmasse von 11,13 g (8 Masse-%) eingesetzt.

[0076] Mit dieser Pulvermischung und zusätzlich 9,7 g Acrylsäureamid, 0,8 g Methylendiacrylsäurea-mid, 0,4 g synthetischem Polyelektrolyt, alkalifrei (er-hältlich von Dolapix CA, Zschimmer & Schwarz, DE) sowie 41,2 g entionisiertem Wasser, das mit einer NH_3 -Lösung auf einen pH-Wert von 10,5 eingestellt worden ist, wurde eine Suspension in einer Kugel-mühle hergestellt. Nach einer Entgasung der Sus-pension wurden 4,5 g einer 5 %-igen wässrigen Am-moniumperoxidsulfat-Lösung zugesetzt. Die so vor-bereitete Suspension wurde in eine entsprechende Negativform aus einem Kunststoff gefüllt, in der vor-ab ein geeigneter Kunststoffkern fixiert wurde, der im Wesentlichen die Dimensionierung und Konturierung des elektrisch leitenden Teils **1** aufwies.

[0077] Nach ca. 20 min setzte eine Polymerisation ein, wobei dies durch eine Erwärmung auf eine Tem-peratur von ca. 60°C beschleunigt werden konnte. Die Form sollte geschlossen gehalten werden, um eine Verdunstung von Wasser zu vermeiden.

[0078] Durch die Polymerisation konnte eine ausrei-chende Grünfestigkeit des Formkörpers erreicht wer-den. Die Kunststoffform wurde geöffnet und der Kunststoffkern entfernt.

[0079] Im Anschluss daran wurde eine zweite Sus-pension für eine Anformung eines Formkörpers für das elektrisch leitende Teil **1** eingefüllt.

[0080] Hierfür wurden 46,7 g pulverförmiges Si_3N_4 E-10 von UBE Industries, JP (26,95 Masse-%), 112,7 g pulverförmiges MoSi_2 (Grade B, H.C.Starck, DE) (65,03 Masse-%) sowie 13,9 g pulverförmiges Y_2O_3 (Grade C, H.C. Starck, DE) (8,02 Masse-%) einge-setzt.

[0081] Diese Pulvermischung wurde mit 11,4 g Acrylsäureamid, 0,95 Methylendiacrylsäureamid, 0,46 g synthetischem Polyelektrolyt, alkalifrei (von Dolapix CA, Zschimmer & Schwarz, DE) und 38,5 g entionisiertem Wasser, das mittels NH_3 -Lösung auf einen pH-Wert von 10,5 eingestellt wurde, zu einer Suspension verarbeitet.

[0082] In einer Kugelmühle wurde eine herkömmliche Prozedur vorgenommen und nach der Entga-sung der Suspension wurden 5,3 g einer 5 %-igen wässrigen Ammoniumperoxidsulfat-Lösung zuge-setzt.

[0083] Diese Suspension wurde in die den Formkör-fer für das elektrisch nicht leitende Teil **2** enthaltende Form gefüllt.

[0084] Die Polymerisation erfolgte dann, wie bereits vorab für die Ausbildung des Formkörpers für das elektrisch nicht leitende Teil **2**.

[0085] Nach einer ausreichenden Verfestigung auch des Formkörpers für das elektrisch leitende Teil **1** wurde das Verbundelement aus der Form entnom-men und es wies eine ausreichende Grünfestigkeit auf und konnte getrocknet werden. Im Anschluss da-ran wurde der geringe Anteil an organischen Stoffen ausgetrieben und es erfolgte eine Sinterung, die eine fertige Glühkerze zur Verfügung stellen konnte.

[0086] Die Sinterung des grünfesten Verbundele-mentes erfolgte dabei in einer Stickstoffatmosphäre bei einer Temperatur von 1875°C , die über einen Zeitraum von 3 h gehalten wurde. Beim Aufheizen wurde der Stickstoffdruck in Abhängigkeit der jeweili-gen Temperaturen relativ gering gehalten und suk-zessive erhöht, bis eine geschlossene Porosität er-

reicht worden ist und dann in einer isothermen Sinterphase der Stickstoffdruck auf ca. 50 bar erhöht werden konnte.

[0087] Dabei kann der Stickstoffdruck bei einer Sinter Temperatur unterhalb 1750°C auf 2 bar und dann weiter auf 6 bar erhöht werden.

[0088] Der Stickstoffdruck kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur bevorzugt, wie mit [Fig. 4](#) verdeutlicht, eingestellt werden.

[0089] Dabei sollte er bei reinem MoSi_2 (MeSi_2) unterhalb der unteren gestrichelten Linie A bzw. bei zusätzlich enthaltenem Mo_5Si_3 (Me_5Si_3) unterhalb, ebenfalls in [Fig. 4](#) gestrichelt dargestellten Linie B gehalten werden, bis eine geschlossene Porosität erreicht worden ist.

[0090] An einer fertig gesinterten Glühkerze konnte eine Dichte > 99,5 % der theoretischen Dichte erreicht werden.

[0091] Mit den beiden REM-Schliffaufnahmen des Gefüges im Übergangsbereich von elektrisch leitendem Teil **1** (links) und elektrisch nicht leitendem Teil **2** (rechts) der beiden Aufnahmen, die hier lediglich eine unterschiedliche Vergrößerung aufweisen, wird ein rissfreier und eine feste Bindung darstellender Übergang deutlich.

[0092] Das elektrisch leitende Teil **1** wies einen spezifischen elektrischen Widerstand von $1,8 \cdot 10^{-4} \Omega\text{cm}$ und das elektrisch nicht leitende Teil **2** einen spezifischen Widerstand von 800 Ωcm auf.

Beispiel 2

[0093] Für die Herstellung des elektrisch nicht leitenden Teils **2** wurden 77,7 g (54,6 Masse-%) Si_3N_4 , 53,2 g (37,40 Masse-%) MoSi_2 , 11,4 g (8 Masse-%) Y_2O_3 , 9,1 g Acrylsäureamid, 0,7 g Methylendiacrylsäureamid, 0,4 g synthetischer Polyelektrolyt sowie 37,0 g entionisiertes Wasser (pH-Wert 10,5) eingesetzt und mit Hilfe von 3,9 g einer 5 %-igen wässrigen Ammoniumperoxidsulfat-Lösung, wie beim Beispiel 1 polymerisiert und verfestigt.

[0094] Für die Ausbildung des elektrisch leitenden Teils **1** wurden 52,0 g Si_3N_4 , 112,7 g MoSi_2 , 8,6 Y_2O_3 , 10,5 g Methacrylsäureamid, 0,8 g Methylendiacrylsäureamid, 0,46 g synthetischer Polyelektrolyt sowie 34,0 g entionisiertes Wasser (pH-Wert 10,5) für die Herstellung einer Suspension eingesetzt. Dieser wurden 4,5 g einer 5 %-igen wässrigen Ammoniumperoxidsulfat-Lösung zugesetzt und in eine Metallform gegossen, um, wie bereits beim Beispiel 1 eine zur Verfestigung führende Polymerisation zu erreichen.

[0095] Mit Hilfe eines vorab eingesetzten Formker-

nes in die entsprechende Form konnte eine Anformung der beiden Formkörper für elektrisch leitendes Teil **1** und elektrisch nicht leitendes Teil **2** erreicht werden.

[0096] Nach der Entformung wurden wiederum analog zum Beispiel 1 Trocknung, Entbinderung und Sinterung durchgeführt.

Beispiel 3

[0097] Für die Herstellung eines elektrisch nicht leitenden Teils **2** wurden 88,2 g (61,38 Masse-%) Si_3N_4 , 32,4 g (22,55 Masse-%) MoSi_2 , 8,2 g (5,7 Masse-%) Mo_5Si_3 sowie als Sinteradditive 9,2 g Y_2O_3 und 5,7 g Yb_2O_3 (10,37 Masse-%) als Feststoffanteil eingesetzt.

[0098] Diese wurden mit 9,7 g Acrylsäureamid, 0,8 g Methylendiacrylsäureamid, 0,4 g synthetischem Polyelektrolyten sowie 41,2 g entionisiertem Wasser (pH-Wert 10,5) zu einer Suspension verarbeitet.

[0099] Für die Ausbildung des elektrisch leitenden Teils **1** wurden 52 g (27,50 Masse-%) Si_3N_4 , 107 g (56,58 Masse-%) MoSi_2 , 15,2 g (8,04 Masse-%) Mo_5Si_3 sowie die Sinteradditive mit 9,2 g Y_2O_3 und 5,7 g Yb_2O_3 (7,88 Masse-%), als Feststoffanteil mittels 9,7 g Acrylsäureamid, 0,8 g Methylendiacrylsäureamid, 0,4 g synthetischem Polyelektrolyten und 41,2 g entionisiertem Wasser (pH-Wert 10,5) ebenfalls zu einer zweiten Suspension verarbeitet.

[0100] Des Weiteren wurde, wie bereits bei dem Beispiel 1 beschrieben, vorgegangen und die Polymerisation durch Zugabe von 5 %-iger wässriger Ammoniumperoxidsulfat-Lösung initiiert.

Patentansprüche

1. Glühkerze aus einem Verbund gesinteter Keramikwerkstoffe, mit einem elektrisch leitenden (**1**) und einem elektrisch nicht leitenden Teil (**2**), die gebildet sind aus Bereichen unterschiedlicher Zusammensetzung gesinteter Keramikverbundwerkstoffe, wobei das elektrisch leitende Teil (**1**) den elektrisch nicht leitenden Teil (**2**) von zwei gegenüberliegenden Seiten einfasst und einen Verbindungsbereich (**1.1**) sowie Heizbereich (**1.2**) aufweist, wobei im Heizbereich (**1.2**) der elektrisch leitende Teil (**1**) derart verjüngt ist, dass das Querschnittsflächenverhältnis des elektrisch leitenden Teils (**1**) zwischen Verbindungsbereich (**1.1**) und Heizbereich (**1.2**) von 2,5 bis 5 zu 1 eingehalten ist, und wobei im Heizbereich (**1.2**) diejenige Oberfläche des elektrisch leitenden Teils (**1**), welche in unmittelbarem Kontakt mit dem Brennstoff-Verbrennungsgemisch steht, derart reduziert ist, dass im Heizbereich (**1.2**) die Oberfläche des elektrisch leitenden Teils (**1**) zu 60 bis 85 % vom Werkstoff des elektrisch nicht lei-

tenden Teils (2) überdeckt ist.

2. Glühkerze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Leitungswiderstand des Verbindungsbereiches (1.1) im Bereich zwischen 10 und 40 % des gesamten elektrischen Leitungswiderstandes des elektrisch leitenden Teils (1) liegt.

3. Glühkerze nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass elektrisch leitendes Teil (1) und elektrisch nicht leitendes Teil (2) aus MoSi_2 , Si_3N_4 und mindestens einem Sinteradditiv, als Keramikverbundwerkstoff mit jeweils unterschiedlichem spezifischen elektrischen Widerstand gebildet sind.

4. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ausschließlich Seltenerdoxide als Sinteradditive enthalten sind.

5. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Mo_5Si_3 mit maximal 15 Masse-% enthalten ist.

6. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühkerze zumindest im Verbindungsbereich (1.1) mit einer Oxidationsschutzschicht überzogen ist.

7. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizbereich (1.2) im Querschnitt in beiden Dimensionen zumindest annähernd gleichmäßig verjüngt ausgebildet ist.

8. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie in Bezug zu einer parallel zur Längsachse ausgerichteten Ebene symmetrisch ausgebildet ist.

9. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass das elektrisch leitende Teil (1) mit mindestens 60 Masse-% MoSi_2 oder MoSi_2 und Mo_5Si_3 gebildet ist.

10. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass zumindest ein Teil des MoSi_2 reaktiv beim Sintern gebildet worden ist.

11. Glühkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsschutzschicht aus Keramik, Glas oder SiO_2 gebildet ist.

12. Verfahren zur Herstellung einer Glühkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem eine Pulvermischung des Keramikverbundwerkstoffes für den elektrisch leitenden Teil (1) oder den elektrisch nicht leitenden Teil (2) einer Formgebung unterzogen wird;

nachfolgend an den so erhaltenen Formkörper der jeweils andere Teil (1 oder 2) mittels einer zweiten Pulvermischung und einem kolloidalen Formgebungsverfahren angeformt wird; dann enthaltene organische Komponenten ausgetrieben werden, und die Glühkerze durch einen Sinterprozess fertig gestellt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass beide Teile (1 und 2) durch ein kolloidales Formgebungsverfahren erhalten werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkörper für das elektrisch nicht leitende Teil (2) durch Spritzgießen erhalten wird.

15. Verfahren nach Anspruch 12 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Anformen des elektrisch leitenden Teils (1) oder elektrisch nicht leitenden Teils (2) an den Formkörper für das elektrisch nicht leitende Teil (2) aus diesem organische Komponenten ausgetrieben werden.

16. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die kolloidale Formgebung mittels Gelcasting und/oder Koagulationscasting durchgeführt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass MoSi_2 , Si_3N_4 und Sinteradditive enthaltende Pulvermischungen eingesetzt werden, wobei der Anteil an MoSi_2 für die Herstellung des elektrisch leitenden Teils (1) mindestens 50 Masse-% erreicht.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass als Sinterhilfsmittel ausschließlich Seltenerdoxide eingesetzt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass Pulvermischungen eingesetzt werden, die vollständig frei von Aluminium und Aluminiumoxid sind.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangspulvermischungen in einer Suspension bei der kolloidalen Formgebung eingesetzt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Feststoffanteil in den Suspensionen, die für die Herstellung des elektrisch leitenden Teils (1) und das elektrisch nicht leitende Teil (2) eingesetzt werden, jeweils gleich ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass mit in der/den Pulvermischung(en) zusätzlich enthaltenen Komponenten

ten MoSi_2 reaktiv gebildet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Pulvermischung(en) eingesetzt wird werden, in der denen zusätzlich Mo_5Si_3 enthalten ist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an organischen Komponenten in einer Suspension für ein kolloidales Formgebungsverfahren ≤ 10 Masse-% ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

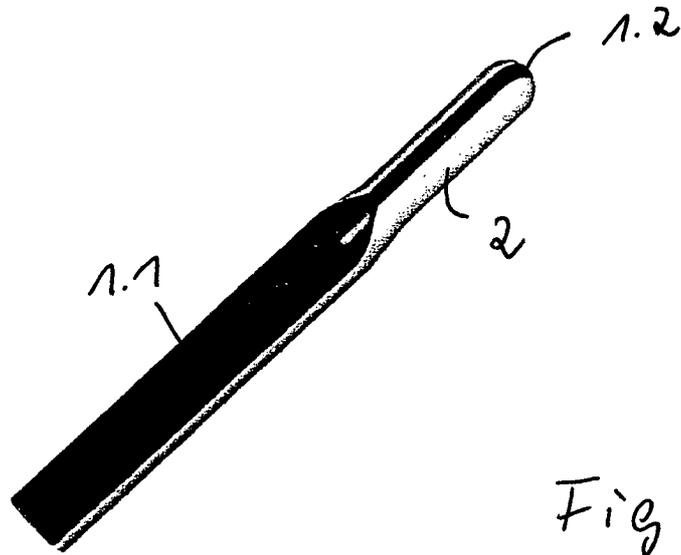


Fig. 1

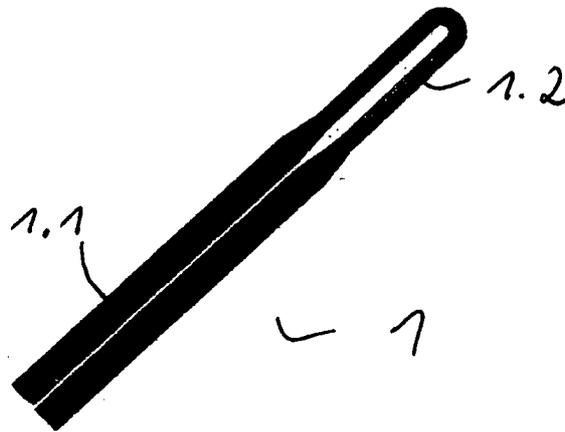


Fig. 2

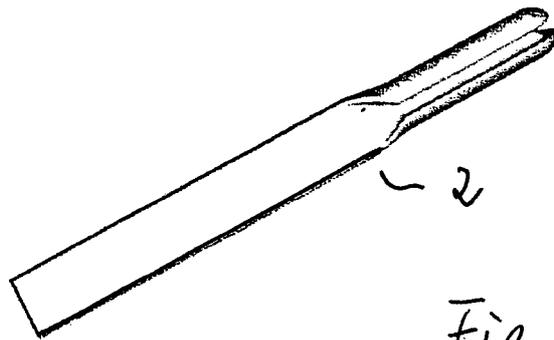


Fig. 3

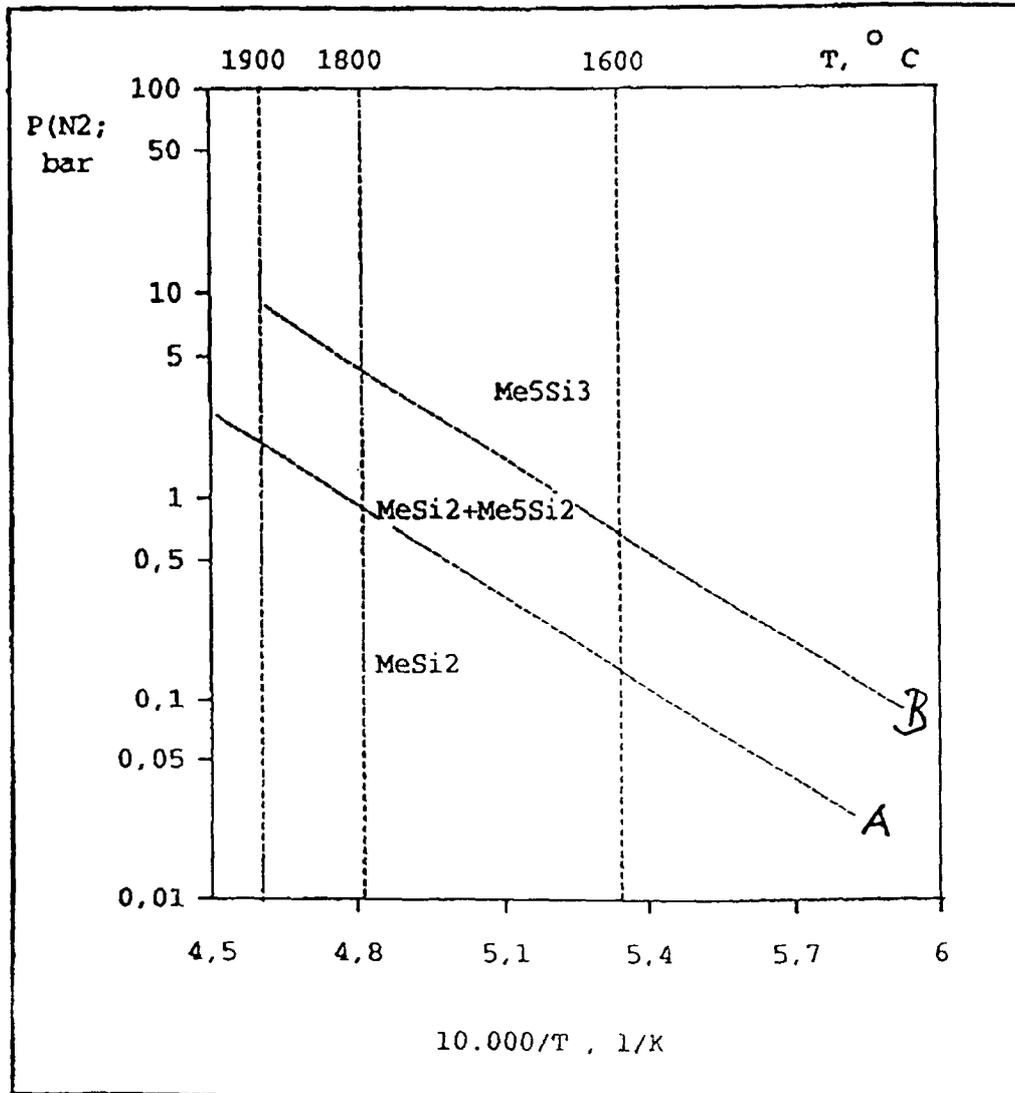


Fig. 4

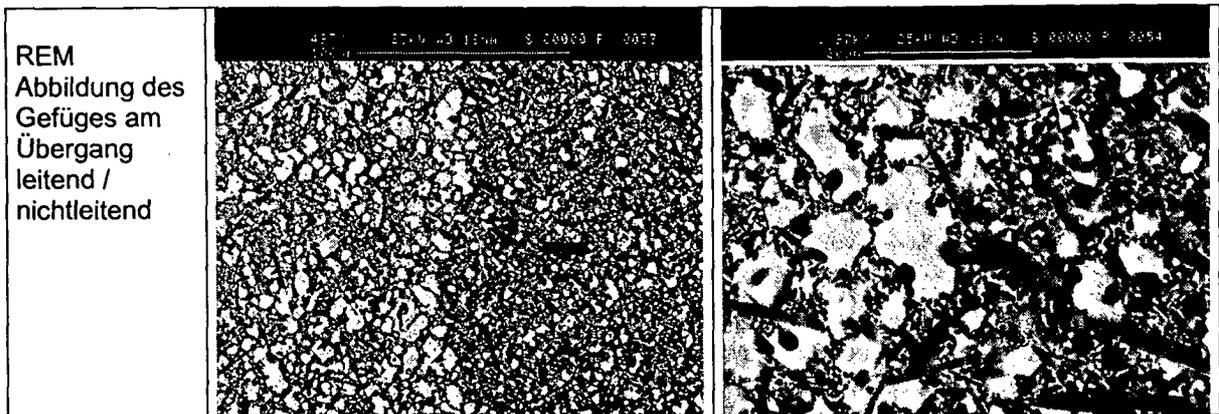


Fig. 5