(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 873 T2** 2004.10.14

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 200 231 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 873.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/13627**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 937 598.1**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/08848**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.05.2000**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **08.02.2001**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **21.01.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.10.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B24D 3/00**
B24D 3/10, B24D 18/00

(30) Unionspriorität:
363581 **29.07.1999** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Saint-Gobain Abrasives, Inc., Worcester, Mass., US

(72) Erfinder:
MANWILLER, E., Kenneth, New Ipswich, US; HARDY, B., Anne, Acton, US

(74) Vertreter:
Zimmermann & Partner, 80331 München

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON MIKROSCHLEIFENDEN WERKZEUGEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Feinstschleifen ist ein Verfahren, das dazu verwendet wird, kleine Mengen an Material von einem Werkstück zu entfernen. Feinstschleifen wird üblicherweise nach dem Schleifen durchgeführt, um die folgenden Ziele zu erreichen: Entfernen einer amorphen Oberflächenschicht, die durch das Schleifen erzeugt wurde, Verringern der Oberflächenrauhheit, verbessern der Geometrie des Teiles und Bereitstellen einer gewünschten Oberflächentopografie. Die Entfernung der amorphen Schicht verbessert die Verschleißbeständigkeit des Werkstückes. Die verringerte Oberflächenrauhheit verbessert die Belastbarkeit des Werkstückes weiter und das charakteristische topografische Muster hilft bei dem Zurückhalten von Öl.

[0002] Feinstschleifen wird in der Regel unter Verwendung eines glasartig gebundenen Werkzeugs mit Mikroschleifmittel durchgeführt, das aus Schleifpartikeln in einer Bindungsmatrix geformt wurde. Werkzeuge mit "Mikroschleifmittel" werden im Allgemeinen als Schleifwerkzeuge definiert, bei denen die Größe der Schleifpartikel 240 Grit (63 Mikrometer oder Mikron) oder feiner ist. Werkzeuge mit Mikroschleifmittel werden im Allgemeinen mittels eines Verfahrens aus mehreren wohlbekannten Verfahren hergestellt.

[0003] Gemäß einem Verfahren werden Schleifkörner und ein Bindungsmaterial unterstützt von einer kleinen Menge Flüssigkeit (z. B. weniger als 4 Gew.-%) mit Bindemitteln vermischt. Die Flüssigkeit ist üblicherweise Wasser. Diese "semi"-Trockenmischung wird dann in Form und auf Dichte im Grünzustand kaltgepresst. Abschließend wird der grüne Rohling gebrannt, um ein Werkzeug mit Mikroschleifmittel zu ergeben.

[0004] Ein anderes, noch älteres Verfahren zur Herstellung von Produkten mit Mikroschleifmittel ist das so genannte "Gießverfahren". Gemäß diesem Gießverfahren werden die Schleifkörner und das Bindungsmaterial mit ausreichend Wasser gemischt, um eine gießfähige Aufschlämmung zu erzeugen. Dementsprechend wird das Gießverfahren als ein Naßverfahren angesehen. Die Aufschlämmung wird in eine Form gegossen und wird trocknen gelassen. Die getrocknete Mischung wird dann gebrannt, um ein Schleifwerkzeug zu erzeugen.

[0005] Ein Vorteil des Gießverfahrens besteht darin, dass verglichen mit dem, was typischerweise mittels Trocken- oder "Semi"-Trockenmischung erreicht wird, durch das Mischen der Schleifkörner und des Bindungsmaterials in einer Aufschlämmung eine bessere Verteilung der Schleifkörner und des Bindungsmaterials (d. h. bessere Mischung) erreicht werden kann.

[0006] Trotzdem werden in beiden dieser Formgebungsverfahren Schleifprodukte hergestellt, in denen Partikel des Bindungsmaterials und des Schleifmittels ungleichmäßig verteilt sind. In dem Semi-Trockenverfahren liegt diese ungleichmäßige Verteilung an der unvollständigen Mischung des Bindungsmaterials und der Schleifkörner. In dem Naßverfahren rührt die Ungleichmäßigkeit im Allgemeinen vom Absetzen des Bindungsmaterials und der Schleifkörner relativ zueinander her.

[0007] WO-A-96/0471 offenbart ein Verfahren zur Herstellung vitrifizierter Agglomerate umfassend Schleifkörner. In dem Verfahren kann ein flüchtiges, vernetzbares Bindemittel verwendet werden.

[0008] JP-A-09001461 beschreibt die Verwendung von Natriumalginat in der Herstellung von Schleifsteinen.

[0009] Die Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs mit Mikroschleifmittel, ein Verfahren zur Herstellung eines Artikels im Grünzustand, und eine Aufschlämmung und einem Artikel im Grünzustand, aus dem das Werkzeug mit Mikroschleifmittel geformt wird.

[0010] In einem erfindungsgemäßen Verfahren, wie es in Anspruch 1 definiert ist, wird das Werkzeug mit Mikroschleifmittel dadurch hergestellt, dass eine Aufschlämmung, die eine Flüssigkeit, Schleifkörner, ein Bindungsmaterial, ein Polymer und zumindest ein Vernetzungsmittel enthält, gegossen wird, um die Struktur eines grünen, gegossenen Artikels zu bilden. Das Polymer wird dann innerhalb der Form ionisch vernetzt, wobei das ionisch vernetzte Polymer die Struktur des grünen, gegossenen Artikels fixiert.

[0011] Die erfindungsgemäße Aufschlämmung, wie sie in Anspruch 14 definiert wird, enthält eine Flüssigkeit, Schleifkörner, ein Bindungsmaterial, ein ionisch vernetzbares Polymer und zumindest ein Vernetzungsmittel.

[0012] Der erfindungsgemäße Artikel im Grünzustand enthält Schleifkörner, ein Bindungsmaterial, das vitrifiziert werden kann, und ein ionisch vernetztes Polymer, wie in Anspruch 38 definiert.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren kann eingesetzt werden, um Werkzeuge mit Mikroschleifmittel her-

zustellen, die gegenüber Produkten, die mittels konventioneller semi- Trockenpress- und Gießverfahren hergestellt wurden, eine verbesserte Homogenität aufweisen. Das Mischen der Schleifkörner und des Bindungsmaterials in einer Aufschlämmung nutzt den Vorteil der gleichmäßigeren Verteilung der Komponenten, verglichen mit wie sie im Allgemeinen mittels bekannter Naßverfahren erreicht werden kann. Es tut dies allerdings ohne die typischen Nachteile herkömmlicher Naßverfahren. In den Verfahren gemäß dieser Erfindung bewirkt die schnelle, abbindende Wirkung des Polymers das Fixieren oder Einschließen der Mikrostruktur dieses homogenen Systems, wodurch die Tendenz zum uneinheitlichen Absetzen, die in Naßverfahren beobachtet wird, verringert oder eliminiert wird. Verglichen mit Artikeln, die im Einklang mit bekannten Verfahren hergestellt wurden, hat der gegossene Artikel demgemäß eine einheitlichere Dichte und Härte. Die verbesserte Homogenität des Werkzeugs mit Mikroschleifmittel fördert eine größere Gleichheit, Ebenheit und Effektivität des Leistungsverhaltens des Werkzeugs mit Mikroschleifmittel beim Feinstschleifen. Zusätzlich können hochqualitative, gegossene Artikel mit größerer Gleichmäßigkeit mit den Verfahren gemäß dieser Erfindung hergestellt werden und die Produkt-Ausschussraten können dementsprechend verringert werden. Weiterhin sind die Verfahren gemäß dieser Erfindung anpassungsfähig und im Allgemeinen kostengünstig in der Durchführung.

[0014] **Fig.** 1 ist eine Darstellung der Vernetzung von Polymeren gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0015] **Fig.** 2A ist eine REM-Aufnahme, die bei einer 250-fachen Vergrößerung die Verteilung des Schleifmittels (hell) in der Bindung (dunkel) einer gepressten Probe mit Mikroschleifmittel darstellt.

[0016] **Fig.** 2B ist eine REM-Aufnahme, die bei einer 250-fachen Vergrößerung die Verteilung des Schleifmittels (hell) in der Bindung (dunkel) einer erfindungsgemäß vernetzten Probe mit Mikroschleifmittel darstellt.

[0017] **Fig.** 3A ist eine REM-Aufnahme, die bei einer 1000-fachen Vergrößerung die Verteilung des Schleifmittels (hell) in der Bindung (dunkel) einer gepressten Probe mit Mikroschleifmittel darstellt.

[0018] **Fig.** 3B ist eine REM-Aufnahme, die bei einer 1000-fachen Vergrößerung die Verteilung des Schleifmittels (hell) in der Bindung (dunkel) in einer erfindungsgemäß vernetzten Probe mit Mikroschleifmittel darstellt.

[0019] Die Merkmale und andere Details des erfindungsgemäßen Verfahrens werden nun mit Bezug auf die dazugehörigen Zeichnungen genauer beschrieben und in den Ansprüchen aufgezeigt. Es sollte verstanden werden, dass die speziellen Ausführungsformen der Erfindung lediglich zum Zweck der Verdeutlichung und nicht zur Eingrenzung der Erfindung gezeigt werden. Die prinzipiellen Merkmale dieser Erfindung können in verschiedenen Ausführungsformen eingesetzt werden, ohne den Umfang der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen definiert ist, zu verlassen.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet das Gießen einer Aufschlämmung, die eine Flüssigkeit, Schleifkörner, ein Bindungsmaterial, ein ionisch vernetzbares Polymer und ein Vernetzungsmittel umfasst, wie in Anspruch 1 definiert. Die Komponenten der Aufschlämmung können in beliebiger Reihenfolge kombiniert werden. Es ist allerdings bevorzugt, dass das Polymer mit der Flüssigkeitskomponente gemischt wird, gefolgt von der Zugabe der Schleifkörner. Danach wird das Bindungsmaterial und abschließend eine Kationenquelle zugegeben, um die Aufschlämmung zu vervollständigen.

[0021] Die Aufschlämmung wird in eine geeignete Form gegossen und dann gekühlt, um die ionische Vernetzung des Polymers zu bewirken, um einen grünen, gegossenen Artikel zu bilden. Der grüne, gegossene Artikel wird ofengetrocknet und nachfolgend gebrannt, um das Bindungsmaterial zu vitrifizieren und das ionisch vernetzte Polymer zu entfernen.

[0022] Die Flüssigkeitskomponente der Aufschlämmung wird eingesetzt, um zu bewirken, dass die Aufschlämmung ausreichend flüssig zum Gießen ist. Beispiele geeigneter Flüssigkeiten schließen Wasser und Mischungen von Wasser mit geringen Mengen an Alkohol oder organischen Lösemittel(en), pH-Wert-Modifikator(en), Rheologie-Modifikator(en), Dispergiermittel(n) und Mischungen aus diesen ein. Vorzugsweise ist die Flüssigkeit deionisiertes (DI) Wasser. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform schließt die Flüssigkeitskomponente ein Dispergiermittel ein, dass eingesetzt wird, um die Verteilung und Stabilisierung der Schleifkörner in der Aufschlämmung zu unterstützen. Ein bevorzugtes Dispergiermittel ist eine Ammoniumpolyacrylat-Lösung wie Darvan® 812A Ammoniumpolyacrylat-Lösung (hergestellt durch R.T. Vanderbilt aus Norwalk, Connecticut, USA). Ammoniumcitrat ist ein weiteres geeignetes Dispergiermittel, das eingesetzt werden kann. In anderen Ausführungsformen kann ein nicht-ionisches, oberflächenaktives Mittel wie ein Octylphenol-Ethylenoxid-Kondensat (erhältlich unter der Handelsbezeichnung TRITON X-100 von Union Carbide, Dan-

bury, Connecticut, USA) als Dispergiermittel dienen. Typischerweise ist das Dispergiermittel in einem Bereich von zwischen etwa 0,01 und etwa 10 Vol.%, vorzugsweise 1 bis 6%, in der Flüssigkeit vorhanden. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Menge an Dispergiermittel etwa 2 Vol.% der Flüssigkeitskomponente.

[0023] Das Schleifkorn ist ein granulares Material, das zur Entfernung von Material von Werkstücken aus Metall, keramischen Materialien, Kompositen und anderen Werkstücken geeignet ist. Beliebiges Schleifkorn kann verwendet werden. Beispiele von besonders geeigneten Schleifkörnern schließen solche ein, die aus Aluminiumoxid, Aluminiumzirkoniumoxid, Sol-Gel-gesintertem α-Aluminiumoxid, Siliziumcarbid, Diamant, kubischem Bornitrid und Mischungen aus diesen gebildet werden. Die Schleifkörner liegen im Allgemeinen in einem Bereich zwischen etwa 80 Gew.-% und etwa 95 Gew.-% der Feststoffe vor und ebenfalls in einem Bereich von etwa zwischen 55 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% der gesamten Aufschlämmung. Beispiele der Dichte geeigneter Schleifkörner schließen eine Dichte von etwa 3,2 l g/cm^3 für SiC, etwa 3,5 g/cm^3 für Diamant und etwa 3,95 g/cm^3 für Al_2O_3 ein.

[0024] Die Aufschlämmung wird ausreichend flüssig gehalten, um gegossen werden zu können und um Luftblasen zu verhindern oder zu entfernen. Vorzugsweise beträgt der Feststoffgehalt der Aufschlämmung nicht mehr als 45 Vol.%, um eine übermäßige Viskosität der Aufschlämmung zu verhindern. Zusätzlich wird im Allgemeinen die Viskosität der Aufschlämmung mit zunehmend feineren Partikelgrößen stärker von dem Feststoffgehalt abhängen, da kleinere Partikel im Allgemeinen schwieriger zu dispergieren sind. Beispielsweise kann die Viskosität einer Aufschlämmung, die einen Feststoffgehalt von etwa 45 Vol.% hat, akzeptabel sein, wenn die Korngröße bei oder nahe bei etwa 320 Grit liegt, während die Viskosität einer Aufschlämmung mit einem Feststoffgehalt von mehr als etwa 43 Vol.% und einer Korngröße von 1000 Grit nicht akzeptabel sein könnte.

[0025] Im Allgemeinen liegt der Durchmesser der Schleifkörner in einem Bereich zwischen etwa 1800 Grit und etwa 320 Grit (was zwischen etwa 1 und etwa 29 Mikrometer bedeutet). Schleifkörner zwischen etwa 1 und 30 Mikrometer werden gemäß dieser Erfindung verwendet.

[0026] In der Zeit zwischen dem Gießen der Gießmasse und deren Erstarren haben die Schleifpartikel die Gelegenheit sich abzusetzen. Die Geschwindigkeit, mit der die Partikel sich absetzen, hängt zum Teil von der Größe der Partikel und der Viskosität der Gießmasse ab. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Partikel absetzen, nimmt entweder mit einer Erhöhung der Partikelgröße oder einer Verringerung der Viskosität der Aufschlämmung zu. Beispielsweise wurde ein minimales Absetzen mit Schleifkörnern mit etwa 600 Grit (etwa 8 Mikrometer) oder feiner beobachtet, wohingegen 320 Grit Schleifkörner bei einer bevorzugten Viskosität höhere Absetzgeschwindigkeiten aufweisen können.

[0027] Die Absetzgeschwindigkeit der Aufschlämmung kann durch eine Erhöhung ihrer Viskosität verringert werden. Die Viskosität kann beispielsweise durch die Zugabe eines wasserlöslichen Polymers wie ein Acrylpolymer oder einem Polyvinylalkohol erhöht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Viskosität durch Zugabe von Poyvinylalkohol zu der Aufschlämmung erhöht werden. In besonders bevorzugten Ausführungsformen können Polyvinylalkohollösungen in einer Menge von etwa 4% (Airvol® 203, Air Products and Chemicals), oder etwa 6% (Airvol® 205, Air Products and Chemicals), bezogen auf das Gewicht der flüssigen Komponenten der Aufschlämmung, zugegeben werden. Beispiele geeigneter Polyvinylalkohollösungen schließen Airvol® 203 und Airvol® 205, beide erhältlich von Air Products and Chemicals, Inc., ein. Blasenbildung als Folge der Zugabe von Polyvinylalkohol kann durch Zugabe eines geeigneten Antischaummittels, wie eines Öls, reduziert oder eliminiert werden.

[0028] Das Bindungsmaterial ist eine geeignete glasartige Bindung, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Beispiele geeigneter glasartiger Bindungen sind in US 5,401,284, erteilt an Sheldon et al., beschrieben. In einer bevorzugten Ausführungsform schließt das Bindungsmaterial ein Aluminosilikat-(Al_2O_3·SiO_2)-glas ein, kann aber auch andere Komponenten wie Ton, Feldspat und/oder Quarz einschließen. Das Bindungsmaterial ist üblicherweise in der Form von Glasfrittenpartikeln oder Glasbindungsmischungen, die geeignet sind, um zu einer vitrifizierten Matrix gebrannt zu werden, wodurch die Schleifkörner in der Form einer dispergierten und homogenen glasartigen Kompositstruktur fixiert werden. Geeignete Glasfrittenpartikel haben im Allgemeinen einen Durchmesser im Bereich von zwischen etwa 5 Mikrometer und etwa 30 Mikrometer. Ein besonders bevorzugtes Bindungsmaterial zur Verwendung in dieser Erfindung wird in " Beispiel 1 " des U.S. Patents 5,401,284 beschrieben. Im Allgemeinen bildet das Bindungsmaterial zwischen etwa 3,5 Gew.-% und etwa 7 Gew.-% der Aufschlämmung. Die Dichte des Bindungsmaterials beträgt weniger als 3,0 g/cm^3 und liegt üblicherweise im Bereich von etwa 2,1 g/cm^3 bis etwa 2,7 g/cm^3. Ein Beispiel einer besonders geeigneten Dichte eines Bindungsmaterials ist etwa 2,4 g/cm^3. Somit unterscheiden sich die Dichten von Korn und Bindung sig-

nifikant, und Partikelgrößen können signifikant unterschiedlich sein. Dementsprechend sollte das Vernetzungspolymer besonders entwickelt sein, um diese unterschiedlichen Materialien in Kombination handhaben zu können.

[0029] Geeignete Polymere zur Verwendung innerhalb dieser Erfindung haben im Allgemeinen eine ausreichend niedrige Viskosität, um einen hohen Zusatz an Feststoffen aufnehmen zu können, sind einfach in der Verwendung bei der Herstellung und können schnell vernetzt werden. Vorzugsweise ist das Polymer ein wasserlösliches Polysaccharid, Gellan-Gummi. Gellan-Gummi ist ein nahrungsmittelgeeignetes Heteropolysaccharid, das durch Fermentation von Pseudomonas elodea (ATCC 31461) hergestellt wird und kommerziell unter der Handelsbezeichnung Kelcogel® K9A50 (erhältlich von Monsanto, NutraSweet Kelco Co., St. Louis, Missouri, USA) erhältlich ist. Gellan-Gummi hat typischerweise eine Viskosität von etwa 40–80 cP bei 0,1% Konzentration und 1000–2000 cP bei 0,5% Konzentration, gemessen bei 25°C mit einem Brookfield LVF Viskosimeter bei 60 U/min. Das Gummi hat auch eine hohe rheologische Fließgrenze wobei eine 1%ige Gummilösung eine praktische untere Fließgrenze von 60 Dyn/cm^2 hat, definiert durch die Scherbeanspruchung bei einer Scherrate von 0,01 s^{-1}. Zusätzlich bleibt die Viskosität des Gellan-Gummis üblicherweise unbeeinflusst von Änderungen des pH-Werts im Bereich von 3–11. Verfahren zur Herstellung von Gellan Gummi sind in den US Patenten Nr. 4,326,052 und 4,326,053 beschrieben. Traditionsgemäß wird Gellan Gummi in der Industrie als ein Geliermittel in Lebensmittelprodukten verwendet.

[0030] Obwohl Kelcogel® K9A50 Gellan Gummi ein bevorzugtes Polymer zur Verwendung in dieser Erfindung ist, können auch andere Polymere verwendet werden. Beispielsweise kann Keltone® LV Natriumalginat (Monsanto, NutraSweet Kelco Co., St. Louis, Missouri, USA) verwendet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird Keltone® LV Natriumalginat dadurch hydratisiert, dass Keltone(R) LV Natriumalginats in einem Wasserbad bei einer erhöhten Temperatur, wie einer Temperatur von etwa 80°C, gemischt wird. Geeignete Acrylatpolymere haben Viskositätseigenschaften in wässrigen Dispersionen, die denen von Gellan-Gummi ähnlich sind.

[0031] Im Allgemeinen ist die Menge an Polymer, die in den Methoden dieser Erfindung verwendet wird, sehr klein im Verhältnis zu der Menge an Acrylamid- oder Acrylat-Monomer, die typischerweise in Keramik-Gel-Gießtechniken verwendet wird. Während ein Monomer, das beim Gel-Gießen verwendet wird, typischerweise etwa 15 bis 25 Gew.-% des gesamten Monomer/Flüssigkeit-Gehalts bildet, liegt der Polymeranteil, wie er in dieser Erfindung verwendet wird, in einem Bereich zwischen 0,2 Gew.-% und 1,0 Gew.-% des gesamten Polymer/Flüssigkeit-Gehalts.

[0032] Eine separate Kationenquelle wird als Vernetzungsmittel verwendet, um die ionische Vernetzung des Polymers zu ermöglichen oder zu vereinfachen. Beispiele geeigneter Kationenquellen schließen Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Yttriumnitrat ($Y(NO_3)_3$) ein. Andere geeignete Kationen, die eingesetzt werden können, schließen Natrium-, Kalium-, Magnesium, Calcium-, Barium-, Aluminium- und Chrom-Ionen ein.

[0033] Das Herabsetzen der Konzentration des Vernetzungsmittels verringert die Viskosität der Aufschlämmung, wodurch das Mischen und Gießen der Aufschlämmung verbessert wird und der erreichbare Feststoffzusatz erhöht wird. Eine relativ geringe Konzentration an Vernetzungsmittel kann die notwendige Trockenzeit und die Energiekosten bei der Herstellung verringern. Wenn $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ verwendet wird, kann zum Beispiel eine Konzentration von etwa 0,4% $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, bezogen auf das Gewicht der Flüssigkeiten, ausreichend sein, um eine ausreichend steife, vernetzte Struktur über einen relativ breiten Bereich an Korngrößen, wie beispielsweise Korngrößen von zwischen etwa 600 bis etwa 1200, und mit unterschiedlichen Bindungstypen auszubilden. In Aufschlämmungen mit hohem Feststoffzusatz kann die Konzentration des Vernetzungsmittels geringfügig reduziert werden, um die Fließfähigkeit der Aufschlämmung zu verbessern. Zusätzlich führt eine Erhöhung der Konzentration des Vernetzungsmittels (Ion) in der Regel zu einer Erhöhung der Temperatur, bei der die Vernetzung erfolgt.

[0034] Die Bestandteile der Aufschlämmung können in einem geeigneten Mischer vermischt werden, beispielsweise einem Schermischer oder mittels Rollenmischung mit einer Kugelmühle. Vorzugsweise werden anstatt Keramikkugeln Kugeln aus Gummi verwendet, um eine Verunreinigung der Aufschlämmung zu verhindern. Die Verwendung einer Kugelmühle kann durch nachfolgendes Mischen in einem Hochschermischer ergänzt werden. Das Polymer kann der Aufschlämmung nach dem Wechsel zu dem Hochschermischer zugegeben werden und hydratisieren, gefolgt von der Zugabe des Vernetzungsmittels.

[0035] Die Aufschlämmung wird in eine geeignete Form gegossen. Formen zum Gießen von Teilen können fast aus jedem auslaufsicheren Behälter hergestellt werden. Beispiele geeigneter Materialien für Behälter

schließen Plastik, Metall, Glas, Teflon® Polytetrafluorethylen-Harze (E.I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware, USA) und Silicongummi ein.

[0036] Der Begriff "Gießen", wie er hier verwendet wird, bedeutet Formgeben oder Anpassen. Das Polymer wird dann vernetzt, um einen Artikel zu bilden, in dem die Struktur der Schleifkörner und des Bindungsmaterials fixiert ist. Die Vernetzung einzelner Polymerketten 22 zur Ausbildung einer ineinandergreifenden Struktur 24 ist in **Fig.** 1 dargestellt. Der Begriff "Fixieren", wie er hier verwendet wird, bedeutet im Allgemeinen die Integrität der Struktur zu erhöhen und einer Absetzung jeder der unterschiedlichen Phasen im Verhältnis zueinander zu widerstehen. Die Temperatur, bei der die Vernetzung auftritt, und die Steifheit der fixierten Struktur hängen aber beide von der An des Kations und dessen Konzentration ab.

[0037] Die gegossene Aufschlämmung wird auf eine Temperatur gekühlt, die die ionische Vernetzung der Polymerkomponente bewirkt. Typischerweise liegt die Temperatur, bei der die Vernetzung auftritt, unterhalb von etwa 45°C. In bevorzugten Ausführungsformen, die Gellan Gummi verwenden, tritt die Vernetzung typischerweise bei einer Abkühlung auf beispielsweise etwa 34°C auf. Die Geschwindigkeit, mit der das Polymer vernetzt, kann durch ein Absenken der Atmosphärentemperatur erhöht werden. Beispielsweise kann die Form in einem Gefrierapparat auf zum Beispiel –25°C gekühlt werden. Alternativ kann die Form in einem Wasserbad abgekühlt werden.

[0038] Nachdem die Polymerketten sich ionische vernetzt haben, um eine Matrix auszubilden, wodurch die Struktur der Feststoffe in der gegossenen Aufschlämmung fixiert wird, wird der Artikel aus der Form entfernt und an der Luft oder in einem Ofen bei Raumtemperatur oder bei einer Temperatur bis zu 100°C, z. B. 60 bis 80°C, getrocknet, um einen getrockneten Artikel im Grünzustand zu bilden.

[0039] Der getrocknete Artikel wird gebrannt, um das Bindungsmaterial zu vitrifizieren und die Polymerkomponente auszubrennen. Im Allgemeinen wird das Brennen bei einer Temperatur im Bereich zwischen etwa 800° und etwa 1300°C durchgeführt. Wenn der Artikel ein Hochleistungsschleifmittel (z. B. Diamant oder kubisches Bornitrid) enthält, wird das Brennen vorzugsweise in einer Inertatmosphäre durchgeführt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der getrocknete Artikel mit einer Rate von 40°C/h bis auf 980°C erhitzt. In dieser Ausführungsform wird der Artikel bei 980°C für etwa 4 Stunden gehalten und dann zurück auf etwa 25°C abgekühlt.

[0040] Dort wo der gebrannte Artikel in der Form eines Werkzeuges mit Mikroschleifmittel vorliegt, wird der gebrannte Artikel typischerweise eine Porosität im Bereich von zwischen etwa 30 und etwa 70 Vol.-% aufweisen. Vorzugsweise wird die Porosität in einem Bereich zwischen etwa 40 und etwa 60 Vol.-% liegen. Die mittlere Porengröße liegt üblicherweise in einem Bereich von zwischen etwa 3 und etwa 10 Mikrometer, und die Poren sind im Wesentlichen einheitlich innerhalb des gesamten Artikels verteilt. Ebenso sind die Schleifkörner innerhalb der Struktur gut verteilt.

[0041] Ein übliches Produkt mit Mikroschleifmittel kann zum Beispiel in der Form eines Rads, Stabes, Steins, Zylinders, einer Schale, Scheibe oder eines Kegels vorliegenden. Wie bereits erwähnt wurde, können die Werkzeuge mit Mikroschleifmittel, die mit den erfindungsgemäßen Verfahren geformt wurden, zum Feinstschleifen einer Vielzahl von Werkstücken verwendet werden. Feinstschleifen schließt im Allgemeinen eine hochfrequente Oszillation des Mikroschleifmittel mit geringer Amplitude gegen ein rotierendes Werkstück ein. Dieses Verfahren wird typischerweise bei relativ geringen Temperaturen und bei relativ geringem Druck (d. h., weniger als $6{,}2 \times 10^5$ Pascal/90 Pfund pro Inch^2) durchgeführt. Die Menge an Material, die von der Oberfläche des Artikels entfernt wird, beträgt typischerweise weniger als etwa 25 Mikrometer. Beispiele solcher Werkstücke schließen Kugel- und Walzenlager sowie Lager-Laufrillen ein, wobei die Oberflächen feinstgeschliffen werden, um eine Oberflächengüte mit geringer Rauhigkeit zu verleihen und die Geometrie des Teils, wie dessen Rundheit, zu verbessern. Andere Anwendungen für gebundene Schleifprodukte gemäß der Erfindung schließen, ohne darauf eingeschränkt zu sein, Hon- und Polierverfahren ein.

[0042] Wenn ein gebundenes Schleifprodukt wie ein Stab mit Mikroschleifmittel dazu verwendet wird, ein Werkstück wie eine Laufrille eines Lagers feinstzuschleifen, schleifen Schleifkörner an der Oberfläche des Stabes das Werkstück durch Schneiden, Pflügen oder Reiben der Oberfläche des Werkstücks dieses fein. Die mechanischen Kräfte, die durch diese Mechanismen hervorgerufen werden, brechen die Bindung, die die Schleifkörner in einer Grundstruktur halten. Als Folge dessen zieht sich die feinstschleifende Oberfläche des Stabes mit Mikroschleifmittel zurück und frische Schleifkörner, die innerhalb der Grundstruktur eingebettet sind, werden kontinuierlich freigelegt, um die Oberfläche des Werkstückes zu schneiden. Poren in der Struktur stellen ein Mittel bereit, um Schleifabfall (d. h. Späne, die während des Feinstschleifen entfernt werden) zu sammeln

und zu entfernen, um eine saubere Grenzfläche zwischen dem Stab mit Mikroschleifmittel und dem Werkstück zu erhalten. Die Poren stellen ebenfalls ein Mittel für einen Kühlmittelfluss an der Grenzfläche des Werkzeuges und Werkstückes bereit.

[0043] Da Werkzeuge zum Feinstschleifen zur Endbearbeitung von Präzisionskomponenten verwendet werden, machen geringe Unregelmäßigkeiten in der Werkzeugzusammensetzung das Werkzeug unzufriedenstellend. Durch die Erzeugung einer einheitlichen, homogenen Struktur führt das erfindungsgemäße Verfahren somit zu höherwertigen Feinstschleif-Werkzeugen.

Beispiel 1

[0044] Die unten aufgeführten Tabellen 1 und 2 zeigen bevorzugte Massen jeder der verschiedenen Komponenten, die zur Herstellung von 200 g-Chargen erfindungsgemäßer Aufschlämmungen verwendet wurden. In den Zusammensetzungen gemäß Tabelle 1 beträgt die Masse des Bindungsmaterials (m_b) etwa 6 Gew.-% der Masse des Schleifkorns (m_a). In den Zusammensetzungen gemäß Tabelle 2 beträgt m_b etwa 10 Gew.-% von m_a. Die Spalte "Vol.-Feststoffe" zeigt die Volumenprozente der Aufschlämmung an, die aus der Kombination von Schleifkörnern und Bindungsmaterial gebildet werden. Die Proben, die in den Reihen jeden Diagramms dargestellt sind, reichen von etwa 30 bis etwa 45 Vol.-% Feststoffe, obwohl auch geringere oder größere Volumenprozentanteile verwendet werden können. Vorzugsweise sind die Feststoffe aber auf weniger als etwa 60 Vol.-% der Aufschlämmung beschränkt, da bei Feststoff-Prozentanteilen von mehr als 60 Vol.-% die Viskosität der Aufschlämmung das überschreiten kann, was noch praktikabel zur Verwendung mit den erfindungsgemäßen Verfahren ist. In Tabellen 1 und 2 beträgt die Dichte der Schleifkörner 3,95 g/cm^3 und die Dichte der Bindung beträgt 2,4 g/cm^3.

Tabelle 1 ($m_b = 0{,}06 m_a$)

Vol.-% Feststoffe	Gew.-% Feststoffe	g Feststoffe	g H_20 & Dispergiermittel	g Gel Polymer	g Korn (Al_2O_3)	g Bindung	g $CaCl_2$ $2H_2O$	g Dispergiermittel
30	62,33	124,65	73,35	0,440	117,60	7,05	0,293	1,467
31	63,43	126,85	71,15	0,427	119,67	7,18	0,285	1,423
32	64,49	128,99	69,01	0,414	121,69	7,30	0,276	1,380
33	65,53	131,06	66,94	0,402	123,65	7,42	0,268	1,339
34	66,54	133,08	64,92	0,390	125,55	7,53	0,260	1,298
35	67,52	135,03	62,97	0,378	127,39	7,64	0,252	1,259
36	68,47	136,93	61,07	0,366	129,18	7,75	0,244	1,221
37	69,39	138,78	59,22	0,355	130,93	7,85	0,237	1,184
38	70,29	140,58	57,42	0,345	132,62	7,96	0,230	1,148
39	71,16	142,33	55,67	0,334	134,27	8,05	0,223	1,113
40	72,01	144,03	53,97	0,324	135,88	8,15	0,216	1,079
41	72,84	145,69	52,31	0,314	137,44	8,24	0,209	1,046
42	73,65	147,30	50,70	0,304	138,97	8,34	0,203	1,014
43	74,44	148,87	49,13	0,295	140,45	8,42	0,197	0,983
44	75,20	150,41	47,59	0,286	141,90	8,51	0,190	0,952
45	75,95	151,90	46,10	0,277	143,31	8,60	0,184	0,922

Tabelle 2 ($m_b = 0{,}10\ m_a$)

Vol.-% Feststoffe	**Gew.-% Feststoffe**	**g Feststoffe**	**g H_20 & Dispergiermittel**	**g Gel Polymer**	**g Korn (Al_2O_3)**	**g Bindung**	**g $CaCl_2$ $2H_2O$**	**g Dispergiermittel**
30	62,02	124,04	73,96	0,444	112,76	11,27	0,269	1,479
31	63,12	126,25	71,75	0,431	114,77	11,48	0,287	1,435
32	64,20	128,39	69,61	0,418	116,72	11,67	0,278	1,392
33	65,24	130,47	67,53	0,405	118,61	11,86	0,270	1,351
34	66,25	132,49	65,51	0,393	120,45	12,04	0,262	1,310
35	67,23	134,46	63,54	0,381	122,24	12,22	0,254	1,271
36	68,18	136,37	61,63	0,370	123,97	12,40	0,247	1,233
37	69,11	138,23	59,77	0,359	125,66	12,56	0,239	1,195
38	70,02	140,03	57,97	0,348	127,30	12,73	0,232	1,159
39	70,90	141,79	56,21	0,337	128,90	12,89	0,225	1,124
40	71,75	143,50	54,50	0,327	130,46	13,04	0,218	1,090
41	72,58	145,17	52,83	0,317	131,97	13,20	0,211	1,057
42	73,40	146,79	51,21	0,307	133,45	13,34	0,205	1,024
43	74,19	148,38	49,62	0,298	134,89	13,49	0,198	0,992
44	74,96	149,92	48,08	0,288	136,29	13,63	0,192	0,962
45	75,71	151,42	46,58	0,279	137,66	13,76	0,186	0,932

Beispiel 2

[0045] Eine vernetzte Probe mit Mikroschleifmittel in der Form eines 4 × 6 × 1 Inch Rohlings wurde aus einer Gießmasse geformt, die 32,5 Vol.-% (64,23 Gew.-%) Feststoff enthielt. Die Gießmasse umfasste Wasser (104,29 g), Kelcogel® KA50 Gellan Gummi (0,625 g) (von NutraSweet Kelco Co., St. Louis, Missouri, USA), 600 Grit (10–12 Mikrometer) Aluminiumoxid-Schleifkorn, (175,18g) (bezogen von Saint-Gobain Industrial Ceramics, Worcester, Massachusetts, USA), Glasbindungsmischung (17,527g) (VH Bindungsmischung, wie in US-Patent Nr. 5,401,284, Beispiel 1 beschrieben, bezogen von Norton Company, Worcester, MA), $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (0,417g) und Darvan® 821A Polyacrylat (2,086 g) (von R.T. Vanderbilt, Norwalk, Connecticut, USA). Die Inhaltsstoffe wurden gemischt und auf 80°C erhitzt, um eine einheitliche, erwärmte Aufschlämmung zu bilden. Die erwärmte Aufschlämmung wurde dann in eine Form gegossen und konnte in einem Gefrierapparat abkühlen, bis das Kelcogel KA50-Polymer eine vernetzte Struktur ausbildete.

[0046] Die Probe wurde aus dem Gefrierapparat entfernt, für etwa zwei Stunden an der Luft getrocknet und dann in einem Ofen mit einer 30°C/h-Steigerung auf 1000°C gebrannt, wo sie für 4 Stunden gehalten wurde. Die Leistungszufuhr zu dem Ofen wurde dann abgestellt, um der Probe zu ermöglichen, natürlich abzukühlen.

[0047] Zu Vergleichszwecken wurde eine andere Probe mit Mikroschleifmittel durch Kaltpressen einer Zusammensetzung, die eine kommerzielle Produktmischung der Norton Company aus Schleifkorn und Bindung mit 600 Grit Aluminiumoxid (d. h. eine Mischung, die dazu verwendet wird, das Produkt NSA600H8V der Firma Norton Company herzustellen) umfasste und 84,7 Gew.-% Korn und 15,3 Gew.-% Bindung enthielt, gebildet. Diese Probe wurde in ähnlicher Weise wie die vernetzte Probe mit Mikroschleifmittel gebrannt.

[0048] Die vernetzte Probe hatte eine Dichte von 1,59 g/cm^3, während die kaltgepresste Vergleichsprobe aus der kommerziellen Mischung eine Dichte von 1,75 g/cm^3 aufwies.

[0049] Schwankungen der Härte in jeder Probe mit Mikroschleifmittel wurden dadurch bestimmt, dass sechs Härtemessungen auf der Oberfläche der Probe (drei auf der Oberseite; drei auf der Unterseite) durchgeführt wurden. Aus diesen sechs Messungen wurde der durchschnittliche Wert der Härte und die Standardabweichung ausgerechnet. Die prozentuale Schwankung der Härte (%Hv) wurde dann als Standardabweichung geteilt durch durchschnittlichen Wert der Härte ausgerechnet und als ein prozentualer Anteil ausgedrückt, wie in der folgenden Formel gezeigt:

$$\%Hv = 100 * \frac{\text{Standardabweichung}}{\text{durchschnittlicher Wert der Härte}}$$

[0050] Härtewerte (H) für die vernetzten und gepressten Proben, ausgedrückt in Atlantic-Rockwell-Einheiten, sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammen mit der Standardabweichung (Std. Dev) dieser Werte sowie der prozentualen Schwankungen der Härte gezeigt.

	durchschnittlicher Wert der Härte	Standardabweichung	%Hv
Vergleichsformling, gepresst	119	12	9,7
erfindungsgemäßer, gel-gegossener Formling	128	8	6,2

[0051] **Fig.** 2A und 2B sind jeweils vergleichende Rasterelektronenmikroskopaufnahmen der gepressten und vernetzten Proben. Die Vergrößerung ist in beiden Bildern 250-fach. Durch Vergleich der Bilder kann man leicht sehen, dass in der vernetzten Probe gemäß **Fig.** 2B die heller gefärbten Aluminiumoxid-Partikel einheitlicher in der dunkel gefärbten Glasbindung verteilt sind als in der gepressten Probe gemäß **Fig.** 2A, um ein homogeneres Produkt zu ergeben.

[0052] Die Bilder der **Fig.** 3A und 3B enthalten jeweils Elektrodenmikroskopaufnahmen der gepressten und vernetzten Proben bei einer höheren Vergrößerung. Die Vergrößerung in diesen Bildern ist 1000-fach. Wieder

kann man leicht sehen, dass in der vernetzten Probe gemäß **Fig.** 3B das heller gefärbte Aluminiumoxid-Schleifkorn einheitlicher in der dunkel gefärbten Glasbindung verteilt ist als in der gepressten Probe gemäß **Fig.** 3A.

[0053] Obwohl diese Erfindung speziell mit Bezug auf ihre bevorzugten Ausführungsformen gezeigt und beschrieben wurde, wird es dem Fachmann ersichtlich sein, dass verschiedene Änderungen in der Form und Details gemacht werden können, ohne den Umfang der Erfindung, wie er durch die beiliegenden Ansprüche einschließlich aller Äquivalente dessen was hier definiert wurde umfasst wird, zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines glasartig gebundenen Werkzeugs mit Mikroschleifmittel, umfassend die folgenden Schritte:
a) Gießen einer Aufschlämmung enthaltend eine Flüssigkeit, Schleifkörner mit einem Durchmesser in einem Bereich zwischen einem Mikrometer und dreißig Mikrometern, einem Bindungsmaterial, das dazu geeignet ist, zu einer glasartigen Matrix gebrannt zu werden, einem ionisch vernetzbaren Polymer, wobei die Menge des ionisch vernetzbaren Polymers 0,2% bis 1%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtheit aus Flüssigkeit und Polymer, beträgt, und mindestens eines ionischen Vernetzungsmittels in eine Form, um eine Struktur eines grünen, gegossenen Artikels zu bilden;

2. b) ionisches Vernetzen des Polymers innerhalb der Form, wobei das ionisch vernetzte Polymer die Struktur des grünen, gegossenen Artikels fixiert; und

3. c) Brennen des grünen, gegossenen Artikels, um das Werkzeug mit Mikroschleifmittel zu erhalten.

4. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend den weiteren Schritt der Erwärmung der Aufschlämmung auf eine Temperatur in einem Bereich zwischen 25°C und 95°C.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Vernetzungsmittel $CaCl_2$ enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Vernetzungsmittel $Y(NO_3)_3$ enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 2, umfassend den weiteren Schritt des Gießens der erwärmten Aufschlämmung und Abkühlen der gegossenen Aufschlämmung.

8. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Polymer ein wasserlösliches Polysaccharid ist.

9. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Polymer nahrungsmittelgeeignetes Gellan-Gummi ist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der gegossene Artikel bei einer Temperatur von bis zu etwa 1300°C gebrannt wird, nachdem das Polymer vernetzt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 8, umfassend den weiteren Schritt des Entfernens der Flüssigkeit von dem gegossenen Artikel nach dem Vernetzen des Polymers und vor dem Brennen.

12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das vernetzte Polymer während des Brennens von dem gegossenen Artikel entfernt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Bindungsmaterial während des Brennens glasartig gemacht wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11, umfassend den weiteren Schritt des Entfernens des gegossenen Artikels aus der Form vor dem Brennen.

15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der gebrannte Artikel in einer Form vorliegt, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Rad, einem Stab, einem Stein, einem Zylinder, einer Schale, einer Scheibe oder einem Kegel.

16. Aufschlämmung zur Herstellung eines glasartig gebundenen Werkzeugs mit Mikroschleifmittel, enthaltend:

a) eine Flüssigkeit;
b) Schleifkörner mit einem Durchmesser in dem Bereich von einem Mikrometer und dreißig Mikrometern;
c) ein Bindungsmaterial, das geeignet ist, zu einer glasartigen Matrix gebrannt zu werden;
d) ein ionisch vernetzbares Polymer, wobei die Menge des ionisch vernetzbaren Polymers 0,2% bis 1%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtheit aus Flüssigkeit und Polymer, beträgt; und
e) mindestens ein ionisches Vernetzungsmittel.

17. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei das Vernetzungsmittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Calciumchlorid und Yttriumnitrat.

18. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei die Flüssigkeit deionisiertes Wasser enthält.

19. Aufschlämmung nach Anspruch 16, wobei die Flüssigkeit des weiteren ein Dispergiermittel enthält.

20. Aufschlämmung nach Anspruch 17, wobei das Dispergiermittel Ammoniumpolyacrylat enthält.

21. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei die Schleifkörner Aluminiumoxid enthalten.

22. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei die Schleifkörner Siliciumcarbid enthalten.

23. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei die Schleifkörner in der Aufschlämmung in einer Menge in einem Bereich von zwischen 55 Gewichtsprozent und 70 Gewichtsprozent der Aufschlämmung vorhanden sind.

24. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei das Bindungsmaterial eine Glasfritte enthält.

25. Aufschlämmung nach Anspruch 22, wobei die Glasfritte Aluminosilikatglas enthält.

26. Aufschlämmung nach Anspruch 23, wobei die Glasfrittenpartikel einen durchschnittlichen Durchmesser in einem Bereich von zwischen fünf Mikrometern und dreißig Mikrometern aufweisen.

27. Aufschlämmung nach Anspruch 24, wobei die Glasfrittenpartikel in einer Menge in einem Bereich von zwischen 3,5 Gewichtsprozent und 7 Gewichtsprozent der Aufschlämmung vorhanden sind.

28. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei die ionische Vernetzungsaufschlämmung ein wasserlösliches Polysaccharid enthält.

29. Aufschlämmung nach Anspruch 26, wobei das wasserlösliche Polysaccharid ein nahrungsmittelgeeignetes Heteropolysaccharid enthält.

30. Aufschlämmung nach Anspruch 27, wobei das nahrungsmittelgeeignete Heteropolysaccharid Gellan-Gummi enthält.

31. Aufschlämmung nach Anspruch 14, wobei das ionische Vernetzungspolymer Natriumalginat enthält.

32. Verfahren zur Herstellung eines Artikels im Grünzustand zur Bildung eines glasartig gebundenen Werkzeugs mit Mikroschleifmittel, umfassend die Schritte:
a) Gießen einer Aufschlämmung enthaltend eine Flüssigkeit, Schleifkörner mit einem Durchmesser in einem Bereich zwischen einem Mikrometer und dreißig Mikrometern, einem Bindungsmaterial, das dazu geeignet ist, zu einer glasartigen Matrix gebrannt zu werden, einem ionisch vernetzbaren Polymer, wobei die Menge des ionisch vernetzbaren Polymers 0,2% bis 1%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtheit aus Flüssigkeit und Polymer, beträgt, und mindestens eines ionischen Vernetzungsmittels in eine Form, um eine Struktur eines grünen, gegossenen Artikels zu bilden;
b) ionisches Vernetzen des Polymers innerhalb der Form, wobei das ionisch vernetzte Polymer die Struktur des grünen, gegossenen Artikels fixiert, um dadurch den Artikel im Grünzustand zu erhalten.

33. Verfahren nach Anspruch 30, des weiteren umfassend den Schritt des Erwärmens der Aufschlämmung auf eine Temperatur in dem Bereich von zwischen 25°C und 95°C.

34. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Vernetzungsmittel $CaCl_2$ enthält.

35. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Vernetzungsmittel $Y(NO_3)_3$ enthält.

36. Verfahren nach Anspruch 31, mit dem weiteren Schritt des Gießens der erwärmten Aufschlämmung und Abkühlen der gegossenen Aufschlämmung.

37. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Polymer ein wasserlösliches Polysaccharid ist.

38. Verfahren nach Anspruch 30, wobei das Polymer nahrungsmittelgeeignetes Gellan-Gummi ist.

39. Verfahren nach Anspruch 30, mit dem weiteren Schritt der Entfernung der Flüssigkeit von dem gegossenen Artikel nach Vernetzen des Polymers.

40. Artikel im Grünzustand zur Bildung eines glasartig gebundenen Werkzeugs mit Mikroschleifmittel, enthaltend:
a) Schleifkörner mit einem Durchmesser in einem Bereich zwischen einem Mikrometer und dreißig Mikrometern,
b) einem Bindungsmaterial, das dazu geeignet ist, zu einer glasartigen Matrix gebrannt zu werden,
c) einem ionisch vernetzten Polymer,
wobei der Artikel im Grünzustand durch ein Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 33 bis 37 erhältlich ist.

41. Artikel nach Anspruch 38, wobei die Schleifkörner Aluminiumoxid enthalten.

42. Artikel nach Anspruch 38, wobei die Schleifkörner Siliciumcarbid enthalten.

43. Artikel nach Anspruch 38, wobei das glasartige Glas Aluminosilicatglas enthält.

44. Artikel nach Anspruch 38, wobei das ionisch vernetzte Polymer ein wasserlösliches Polysaccharid enthält.

45. Artikel nach Anspruch 42, wobei das wasserlösliche Polysaccharid ein nahrungsmittelgeeignetes Heteropolysaccharid enthält.

46. Artikel nach Anspruch 43, wobei das nahrungsmittelgeeignete Heteropolysaccharid Gellan-Gummi enthält.

47. Artikel nach Anspruch 43, wobei das nahrungsmittelgeeignete Heteropolysaccharid Natriumalginat enthält.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

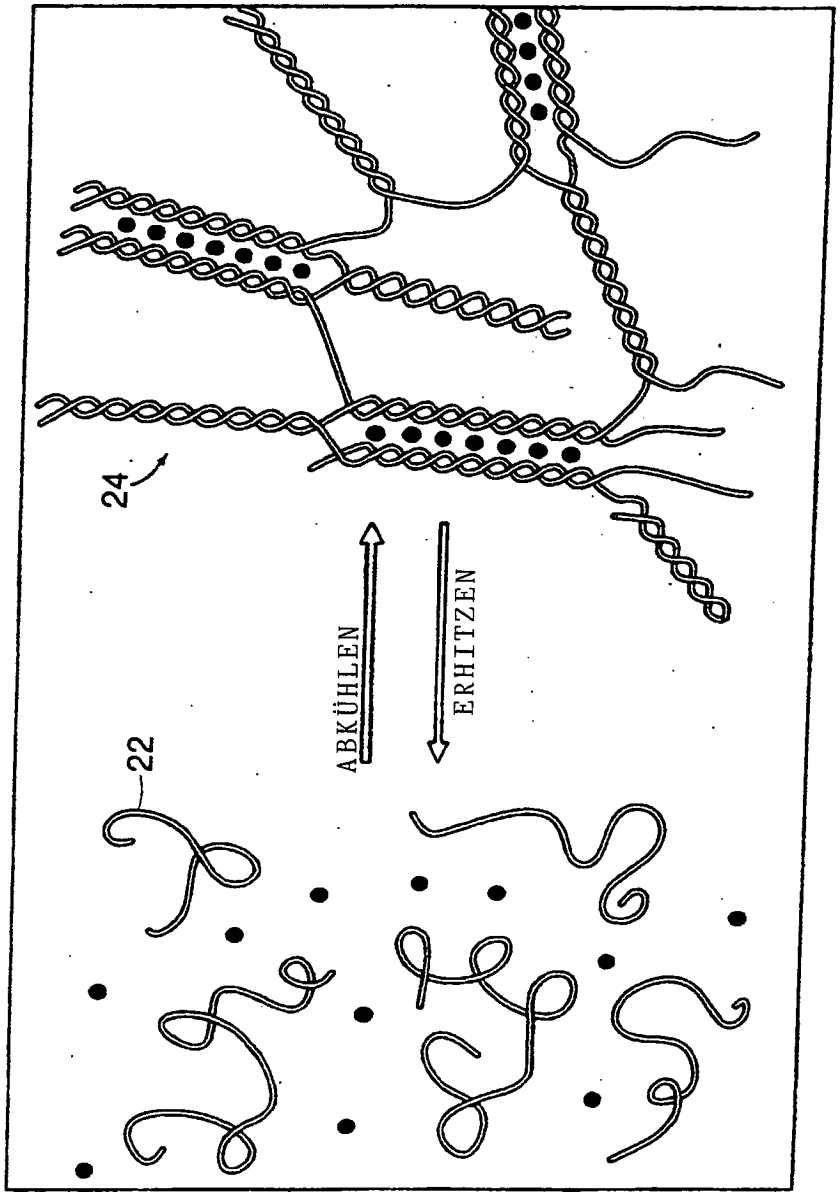

FIG. 1

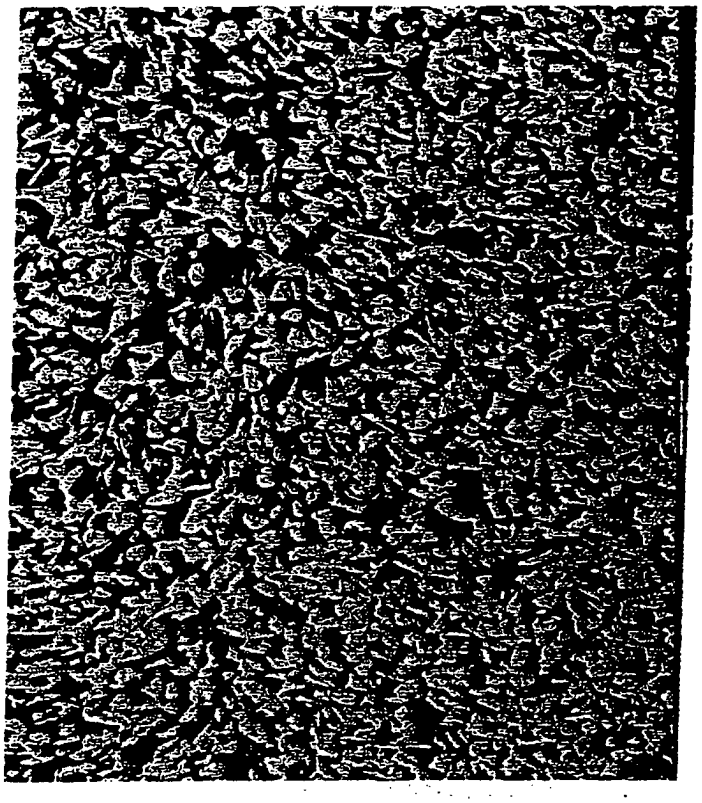

FIG. 2B

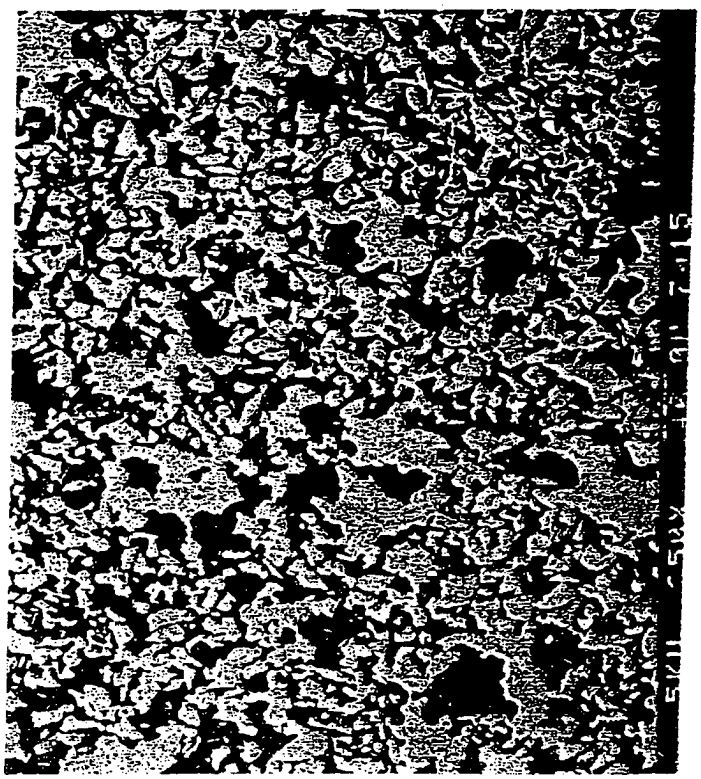

FIG. 2A

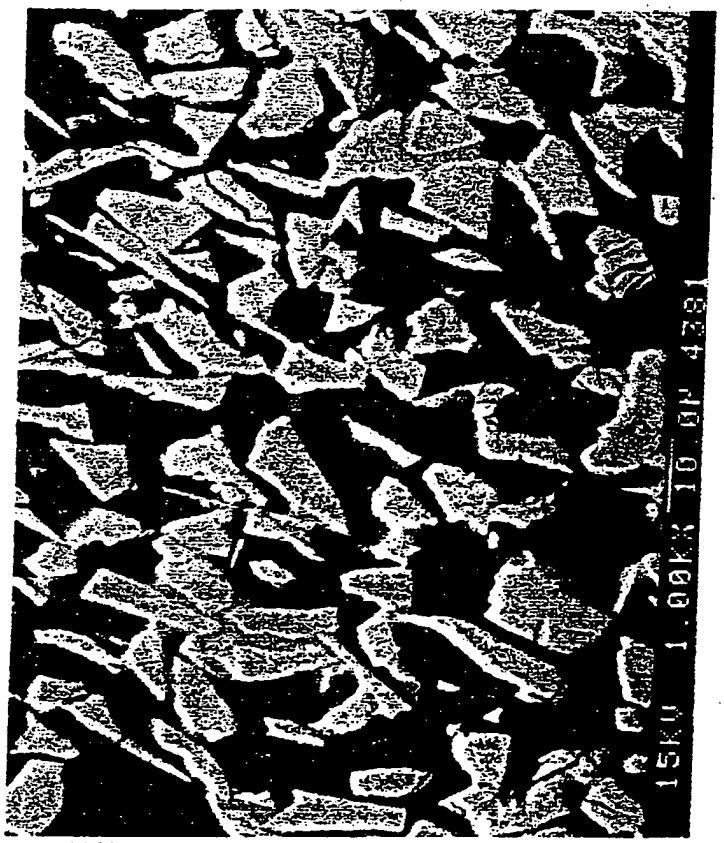

FIG. 3B



FIG. 3A