



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 296 025 A5

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

5(51) B 24 D 11/00
B 24 D 3/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 24 D / 341 986 2	(22)	22.06.90	(44)	21.11.91
(71)	siehe (73)				
(72)	Rue, Charles V., US; van de Merwe, Ronald H., CA; Bauer, Ralph, CA; Pellow, Scott W., CA; Cottringer, Thomas, CA; Klok, Richard J., CA				
(73)	Norton Company, Worcester, MA 01615-0008, US				
(74)	Böbel & Röhnicke, Patentanwälte, Hoher Wallgraben 45, Postfach, O - 1157 Berlin, DE				

(54) Faser auf der Basis von gesinterten Sol-Gel-Aluminiumoxid sowie Verfahren und Verwendung

(55) Faser; gesintertes Sol-Gel-Aluminiumoxid; Verfahren; Verwendung; Körnung; gleichmäßiger Querschnitt; Durchmesser; mittleres Längenverhältnis; Härte; Schleifmittelfaser; Verstärkungsfaser

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Faser auf der Basis von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid und ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie Verwendung derselben. Durch die erfindungsgemäße Lösung soll erreicht werden, daß mikrokristalline Sol-Gel-Sinterwerkstoffe mit wesentlich verbesserten Eigenschaften direkt in einer vorbestimmten Form, welche keiner weiteren Veränderung bedarf erzeugt und in dieser Form eingesetzt werden können. Erfindungsgemäß geschieht dieses dadurch, daß die Faser aus gesinterten Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Körnung von höchstens 2 µm, vorzugsweise von 1 µm besteht, wobei die Faser einen weitgehend gleichmäßigen Querschnitt einen Durchmesser von höchstens 2 mm, ein mittleres Längenverhältnis von mindestens 1:1 und eine Härte von mindestens 16 GPa aufweist. Die bevorzugten Einsatzgebiete sind Schleifmittel- und Verstärkungsfasern.

Patentansprüche:

1. Faser auf der Basis von gesinterten Sol-Gel-Aluminiumoxid, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie aus gesinterten Alpha-aluminiumoxidkristallen mit einer Körnung von höchstens 2 µm, vorzugsweise von 1 µm besteht, wobei die Faser einen weitgehend gleichmäßigen Querschnitt, einen Durchmesser von höchstens 2 mm, ein mittleres Längenverhältnis von mindestens 1:1 und eine Härte von mindestens 16 GPa aufweist.
2. Faser nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** ein Längenverhältnis von 1,5:1 bis 25:1.
3. Faser nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser ein Partikel mit einer Länge von weniger als 10 mm und/oder einem Durchmesser von 0,0001 mm bis 2 mm ist.
4. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Faser sich zu mindestens 80 % aus im allgemeinen gleichachsigen Kristallen mit einer Abmessung von höchstens 0,4 µm zusammensetzt.
5. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Dichte von mindestens 95 % der theoretischen Dichte, wobei sie zu 1 bis 50 Gewichtsanteile in % ein Oxid, ausgewählt aus der Gruppe Zirkondioxid, Titandioxid, Magnesiumoxid, Hafniumdioxid, Zerdioxid, Spinell, Mullit, Mangandioxid, Vorläufer und Mischungen dieser Oxide enthält.
6. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Alphaaluminiumoxidkristalle geimpfte Alphaaluminiumoxidkristalle mit einer Abmessung von weniger als 1 µm sind.
7. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser entlang ihrer Längsachse gekrümmt ist.
8. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser entlang ihrer Längsachse verdreht ist.
9. Faser nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine weitgehende Freiheit von glasartigen Bestandteilen und durch eine Bruchfestigkeit von mindestens 8000 kp/cm².
10. Verfahren zur Herstellung einer Faser auf der Basis von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine gelierte Dispersion aus hydratisierten Aluminiumoxidpartikeln im Submikronbereich hergestellt wird und die gelierte Dispersion zu Fasern geformt wird, welche getrocknet werden und danach bei einer Temperatur zwischen 1090°C und 1500°C, während einer Brenndauer gebrannt werden, bei der die Fasern in einen keramischen Körper umgewandelt werden, welcher überwiegend aus Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Größe von 2 µm oder darunter gebildet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gelierte Dispersion eine wirksame Menge von Impfpartikeln im Submikronbereich enthält, um beim Sintern die schnelle Umwandlung der hydratisierten Aluminiumoxidpartikel in Alphaaluminiumoxid zu erleichtern, wobei Alphaaluminiumoxidkristalle mit einer Kristallgröße von etwa 1 µm oder darunter gebildet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Alphaaluminiumoxidkristalle eine Kristallgröße von etwa 0,4 µm oder darunter haben.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Impfpartikel aus einer Gruppe ausgewählt sind, die aus Alphaaluminiumoxid, Alphaeisen(III)-oxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid, Vorläufern von Alphaaluminiumoxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid oder Alphaeisen(III)-oxid und Mischungen dieser Stoffe besteht, und daß die Impfpartikel in einer Menge von etwa 0,5 bis etwa 10 Gewichtsanteile in % eingesetzt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern aus der gelierten Dispersion durch Extrusion oder Verspinnen geformt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Faser, die aus gesinterten Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Körnung von höchstens 2 µm, vorzugsweise von 1 µm und darunter besteht und einen weitgehend gleichmäßigen Querschnitt, einen Durchmesser von höchstens 2 mm, ein mittleres Längenverhältnis von mindestens 1:1 und eine Härte von mindestens 16 GPa aufweist, hergestellt wird.

16. Verwendung der Faser auf der Basis von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid nach einem der Ansprüche 1 bis 9 sowie hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser als
- a) eine Schleifmittelfaser in einem Schleifkörper aus einem gebundenen Schleifmittel, insbesondere in Form von Schleifscheiben, Segmentschleifkörpern oder Abziehsteinen sowie einem Schleifblattmaterial insbesondere in Form von runden Schleifblättern oder Schleifbändern
 - b) eine Verstärkungsfasern in einem metallischen und/oder keramischen Verbundwerkstoff eingesetzt wird.

Die Erfindung betrifft eine Faser auf der Basis von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid und ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie Verwendung derselben.

Es ist bekannt, daß Sol-Gel-, und insbesondere geimpfte Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel seit ihrer Einführung vor einigen Jahren in breiten Anwendungsbereichen in Form von Schleifblattmaterial und gebundenen Schleifmittelkörpern beträchtliche Vorzüge gegenüber anderen Superschleifmitteln bewiesen haben. Diese werden in bekannter Weise durch Trocknen und Sintern von hydratisiertem Aluminiumoxid hergestellt, das auch unterschiedliche Mengen an Zusätzen wie MgO oder ZrO₂ enthalten kann. Das getrocknete Material wird entweder vor oder nach dem Sintern grobzerkleinert, um unregelmäßige, blockig geformte polykristalline Schleifmittelkörper in einem gewünschten Körnungsbereich zu erhalten. Die Körner können später in einen Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel oder ein Schleifblattmaterial, wie z. B. eine Schleifscheibe oder einen Segmentschleifkörper, ein Schleifband oder ein rundes Schleifblatt eingelagert werden.

Die US-P 43 14 827 offenbart nach einem solchen Verfahren hergestellte Schleifmittelkörner, wobei die gesinterten Körner unregelmäßige „Schneeflocken“-förmige Alpha-Al₂O₃-Kristalle enthalten, mit einem Durchmesser in einer Größenordnung von 5 bis 10 µm. Die Räume zwischen den Armen einer „Schneeflocke“ und zwischen benachbarten „Schneeflocken“ werden von anderen Phasen besetzt, beispielsweise von einem feinkristallinen Aluminiumoxid-Magnesiapinell.

In der US-P 46 23 364 ist ein Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von aluminiumoxidhaltigen Schleifmittelkorn sowie von anderen Erzeugnissen wie beispielsweise Beschichtungen, dünnen Schichten, Fasern, Stäben oder kleinen Formteilen, mit verbesserten Eigenschaften offenbart. Hierbei wird die Umwandlung des hydratisierten Aluminiumoxides in Alphaaluminiumoxid erleichtert, indem vor dem Trocknen Impfmateriel in das Gel oder den Gelvorläufer eingebracht wird. Dies kann entweder durch Naßvermahlen des Gels oder Gelvorläufers mit Alphaaluminiumoxidmedien in der Schwingmühle oder durch direkte Zugabe von sehr feinkörnigen Impfteilchen in Pulverform oder einer anderen Form erreicht werden. Zur Herstellung von Schleifmittelkörnern wird das geimpfte Gel getrocknet, zerkleinert und gebrannt. Die so erzeugten Schleifmittelkörner können bei der Fertigung von Erzeugnissen wie runden Schleifblättern und Schleifscheiben eingesetzt werden. Zur Herstellung von Formteilen oder Stäben kann das Material vor dem Brennen auch geformt oder formgepreßt werden, beispielsweise durch Extrusion. Im Falle der Extrusion werden die entstehenden Stäbe später auf geeignete Längen geschnitten oder gebrochen. Sobald sich das Gel gebildet hat, kann es in bekannter Weise, wie durch Pressen, Formpressen oder Extrusion, geformt und dann sorgfältig getrocknet werden, um einen rißfreien Körper der gewünschten Form herzustellen. Wenn ein Schleifmittel hergestellt wird, dann kann das Gel extrudiert oder einfach in jeder beliebigen Form aufgetragen und getrocknet werden. Nach dem Trocknen kann der feste Körper oder das Material geschnitten oder bearbeitet werden, um eine gewünschte Form zu erhalten oder es kann durch geeignete Mittel, wie eine Hammer- oder Kugelmühle, zerkleinert oder gebrochen werden, so daß Schleifmittelpartikel oder -körner entstehen.

Derartige geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel haben eine viel festere Alpha-Al₂O₃-Kristallstruktur und eine höhere Dichte als das ungeimpfte Sol-Gel-Material entsprechend dem US-P 43 14 827. Die Alpha-Al₂O₃-Kristalle der geimpften Sol-Gel-Schleifmittel haben Korngrößen im Submikronbereich und gewöhnlich in der Größenordnung von etwa 0,4 µm und darunter; allerdings kann sich eine etwas größere Struktur ergeben, wenn das Impfen nicht optimal ausgeführt wird oder das Material bei zu hoher Temperatur oder zu lange gebrannt wird.

Andere Materialien, wie z. B. Fe₂O₃ können ebenfalls als Impfsätze verwendet werden, um die Umwandlung in Alpha-Al₂O₃ zu erleichtern. Dabei ist es zweckmäßig, daß derartige Impfmaterielien mit Al₂O₃ strukturgleich sein und ähnliche Kristallparameter (innerhalb etwa 15%) haben sollten, um gut zu funktionieren.

Die bekannten Sol-Gel-Schleifmittel mußten folglich durch Pulverisieren der größten Teilchen und Klassieren des Produktes auf die gewünschte Körnung gebracht werden. Dieses Verfahren ist jedoch sehr unwirtschaftlich, weil dadurch ein breiter Streubereich von Teilchengrößen entsteht, die nicht alle brauchbar sind. So muß ein bedeutender Teil der Produktion ausgeschieden, zurückgeführt oder in einer minderwertigen Anwendung eingesetzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Faser auf der Basis von gesinterten Sol-Gel-Aluminiumoxid und ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie zur Verwendung derselben zu schaffen, wobei mikrokristalline Sol-Gel-Sinterwerkstoffe mit wesentlich verbesserten Eigenschaften direkt in einer vorbestimmten Form, welche keiner weiteren Veränderung bedarf, erzeugt und in dieser Form eingesetzt werden können.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Faser aus gesinterten Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Körnung von höchstens 2 µm, vorzugsweise von 1 µm besteht, wobei die Faser einen weitgehend gleichmäßigen Querschnitt, einen Durchmesser von höchstens 2 mm, ein mittleres Längenverhältnis von mindestens 1:1 und eine Härte von mindestens 16 GPa besitzt.

Ein bevorzugtes Längenverhältnis der Faser liegt zwischen 1,5:1 bis 25:1. Hierbei besteht eine zweckmäßige Ausbildung darin, daß die Faser ein Partikel mit einer Länge von weniger als 10 mm und/oder einem Durchmesser von 0,0001 mm bis 2 mm ist. Dabei kann die Faser sich zu mindestens 80% aus im allgemeinen gleichachsigen Kristallen mit einer Abmessung von höchstens 0,4 µm zusammensetzen.

In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt die Faser eine Dichte von mindestens 95% der theoretischen Dichte, wobei sie zu 1 bis 50 Gewichtsanteile in % ein Oxid ausgewählt aus der Gruppe Zirkoniumdioxid, Titandioxid, Magnesiumoxid, Hafniumoxid, Zerdioxid, Spinell, Mullit, Mangandioxid, Vorläufer und Mischungen dieser Oxide enthält.

Im Sinne der erfindungsgemäßen Lösung können dabei die Alphaaluminiumoxidkristalle geimpfte Alphaaluminiumoxidkristalle mit einer Abmessung von weniger als 1 µm sein.

Die Faser kann entlang ihrer Längsachse gekrümmt sein. Dieses ist besonders bei ihrem Einsatz als Schleifmittelfaser günstig. Dieses trifft auch zu, wenn die Faser entlang ihrer Längsachse verdreht ist.

Für den Einsatz der Faser ist es besonders günstig, wenn sie eine weitgehende Freiheit von glasartigen Bestandteilen und eine Bruchfestigkeit von mindestens 8000 kp/cm² aufweist.

In weiterer Ausbildung der Erfindung umfaßt diese ein Verfahren zur Herstellung einer Faser auf der Basis von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid, wobei die Faser aus einer gelierten Dispersion aus hydratisierten Aluminiumoxidpartikeln im Submikronbereich hergestellt wird und die gelierte Dispersion zu Fasern geformt wird, welche getrocknet wurden und danach bei einer Temperatur zwischen 1090°C und 1500°C, während einer Brenndauer gebrannt wurden, bei der die Fasern in einen keramischen Körper umgewandelt werden, welcher überwiegend aus Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Größe von 2 µm und darunter gebildet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die gelierte Dispersion eine wirksame Menge von Impfparkeln im Submikronbereich enthält, um beim Sintern die schnelle Umwandlung der hydratisierten Aluminiumoxidpartikel in Alphaaluminiumoxid zu erleichtern, wobei Alphaaluminiumoxidkristalle mit einer Kristallgröße von etwa 1 µm oder darunter gebildet werden.

Zweckmäßigerweise haben die Alphaaluminiumoxidkristalle eine Kristallgröße von etwa 0,4 µm oder darunter. In bevorzugter Weise werden die Impfparkel aus einer Gruppe ausgewählt, die aus Alphaaluminiumoxid, Alphaeisen(III)-oxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid, Vorläufern von Alphaaluminiumoxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid oder Alphaeisen(III)-oxid und Mischungen dieser Stoffe besteht, und daß die Impfparkel in einer Menge von 0,5 bis 10 Gewichtsanteilen in % eingesetzt werden.

Um Fasern gewünschter Abmessungen in kontinuierlicher und wirtschaftlicher Weise zu erreichen, können diese aus der gelierten Dispersion durch Extrusion oder Verspinnen geformt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es in effektiver Weise möglich, eine Faser mit vorbestimmten Abmessungen und Eigenschaften herzustellen, wie aus gesinterten Alphaaluminiumoxidkristallen mit einer Körnung von höchstens 2 µm, vorzugsweise von 1 µm und darunter, wobei diese einen weitgehend gleichmäßigen Querschnitt mit einem Durchmesser von höchstens 2 mm, ein Längenverhältnis von mindestens 1:1 und eine Härte von mindestens 16 GPa aufweist.

Eine besonders bevorzugte Einsatzform der erfindungsgemäßen Faser, welche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist, besteht darin, daß die Faser als

a) eine Schleifmittelfaser in einem Schleifkörper aus einem gebundenen Schleifmittel, insbesondere in Form von Schleifscheiben, Segmentschleifkörpern oder Abziehsteinen sowie einem Schleifblattmaterial insbesondere in Form von runden Schleifblättern oder Schleifbändern,

b) eine Verstärkungsfaser in einem metallischen und/oder keramischen Verbundwerkstoff eingesetzt wird.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wurde erreicht, daß mikrokristalline Sol-Gel-Sinterwerkstoffe mit wesentlich verbesserten Eigenschaften direkt in einer besonders vorteilhaften Konfiguration hergestellt werden können, die vor dem Einsatz keine weitere Zerkleinerung erfordern. Die verbesserten Eigenschaften sind besonders überraschend, da die Auffassung bestand, daß sich die Eigenschaften mikrokristalliner Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel aus der Kristallgröße und der Reinheit, insbesondere aus dem Fehlen von Verunreinigungen herleiten, die z. B. in Bauxit auftreten und bei der Bildungstemperatur des Alphaaluminiumoxids zur Entstehung von glasartiger Substanz führen.

Zusätzlich erfolgt durch die Anwendung eines direkten Verfahrens zur Herstellung eine weit geringere Produktion von Stoffen, für die kein unmittelbarer Bedarf besteht. Tatsächlich hat im wesentlichen alles produzierte Material die gewünschten Kennwerte, und das Verfahren ist infolgedessen wesentlich ergiebiger.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird ein gesintertes faserförmiges Schleifmittel auf Sol-Gel-Aluminiumoxidbasis geschaffen, welches aus gesinterten Alphaaluminiumoxidkristallen besteht. Dieses Schleifmittel weist ein mittleres Längenverhältnis von mindestens 1:1 und vorzugsweise von 1,5:1 sowie eine Härte von mindestens 16 GPa auf, wobei die Größe der Alphaaluminiumoxidkristalle nicht über 10 µm und vorzugsweise bei 2 µm liegt.

Die Erfindung wird an einigen Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die erfindungsgemäßen polykristallinen Schleifmittelfasern basieren auf gesintertem Aluminiumoxid. Die Alphaaluminiumoxid-Kristallite in den Schleifmittelfasern können eine Größe bis zu 2 µm haben, wenn das Gel nicht geimpft wird; bei den bevorzugten geimpften Gelen sind sie jedoch kleiner als 1 µm und bei optimaler Verarbeitung kleiner als ca. 0,4 µm. Es wurde festgestellt, daß, allgemein gesagt, die Schleifwirkung bei den kleineren Kristallitgrößen wesentlich besser ist, so daß Partikel in der Größenordnung von etwa 0,05 bis 1 µm oft besonders vorteilhaft sind. Die Fasern können durch Bereiten eines Sol-Gels aus Aluminiumhydroxid, Verspinnen oder Extrudieren des Gels zu Fäden, Trocknen der Fäden und Brennen der getrockneten Fäden bei einer Temperatur von maximal etwa 1500°C hergestellt werden. In bevorzugter Weise des Verfahrens wird dem Ausgangssol oder -gel eine wirksame Menge eines submikronkristallinen Impfmateri als zugegeben, das die schnelle Umwandlung des Aluminiumoxids im Gel in sehr feinkörnige Alphaaluminiumoxidkristalle fördert, wenn das extrudierte und getrocknete Sol-Gel gebrannt wird. Beispiele für derartiges Impfmateri als sind Betaaluminiumoxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid, Alphaeisen(III)-oxid, Alphaaluminiumoxid und Vorläufer dieser Oxide sowie andere feine Kristalltrümmer, die als Keimbildner für Alphaaluminiumoxid wirken.

Die Mikrokristalle entstehen durch einen Wachstumsprozeß aus einem Sol-Gel, da dieser zu einer feinen gleichmäßigen Mikrostruktur führt, besonders wenn das Sol-Gel geimpft wurde. Dieser Wachstumsprozeß ist sehr wichtig und führt zu bedeutenden Unterschieden zwischen erfindungsgemäßen Erzeugnissen und Erzeugnissen, die durch Sintern von überwiegend oder vollständig aus kristallinen Alphaaluminiumoxidpartikeln bestehenden Zusammensetzungen entstehen. Wenn nicht relativ hohe Temperaturen angewendet werden (was zum Kristallwachstum führt), dann haben diese letzteren Erzeugnisse gewöhnlich schwache Sinterbindungen zwischen benachbarten Kristallpartikeln und die aus derartigen Partikeln bestehenden Körner haben gewöhnlich eine geringe Festigkeit. Im Gegensatz dazu können aus einem Sol-Gel gezüchtete und in situ gesinterte

Alphaaluminiumoxidkristalle, besonders die nach einem Impfvfahren hergestellten, bei viel niedrigeren Sintertemperaturen gebrannt werden, um die feine Kristallstruktur zu erhalten.

Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die mikrokristalline Struktur im wesentlichen frei von Verunreinigungen ist, die beim Brennen zur Entstehung von glasartigem Material führen würden. Unter glasartigem Material wird ein amorphes, nichtkristallines Material ohne eine langzeitige Molekularordnung verstanden. Ein derartiges Material schwächt die Gesamtstruktur der Partikel wesentlich und verringert ihre Wirksamkeit als Schleifkorn. Daher enthalten die erfindungsgemäßen Partikel weniger als 5 Gewichtsanteile in % und vorzugsweise weniger als 2 Gewichtsanteile in % einer solchen glasartigen Komponente.

Die erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern sind als ein länglicher keramischer Körper ausgebildet. Sie weisen jeweils einen über die gesamte Länge annähernd gleichbleibenden Querschnitt mit einem maximalen Querschnitt von 2 mm und vorzugsweise von weniger als 0,5 mm auf. Die Länge entspricht mindestens der Abmessung des Querschnittes. Sie ist jedoch vorzugsweise doppelt so groß wie die größte Querschnittsabmessung. Die erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern können gebogen oder verdreht sein, so daß die Länge nicht unbedingt geradlinig, sondern entlang des Körpers gemessen wird.

Die Schleifmittelfasern werden hergestellt, vorzugsweise durch Extrudieren oder Verspinnen eines möglichst geimpften Gels aus Aluminiumhydroxid zu Endlosfäden, Trocknen der so erhaltenen Fäden, Schneiden oder Brechen der Fäden auf die gewünschten Längen, gefolgt vom Brennen der Fäden bei einer Temperatur von nicht mehr als 1500°C.

In den US-P 43 14827, 46 23364 und 47 97 139 werden verschiedene Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung und zum Brennen von Gelen aus Aluminiumhydroxid beschrieben. Außer dem in den genannten Patenten offenbarten Aluminiumhydroxid kann das Sol bis zu 10–15 Gewichtsanteile in % Zusätze wie Titandioxid, Spinell, Mullit, Mangandioxid, Magnesiumdioxid, Zerdioxid, Zirkondioxid in Pulverform oder in Form eines Vorläufers diese Stoffe oder andere verträgliche Zusätze oder deren Vorläufer enthalten, vorausgesetzt, daß diese bei den Bildungstemperaturen des Alphaaluminiumoxides keine glasartigen Materialien bilden und die Stabilität und Unversehrtheit des Gels bei der Faserbildung nicht beeinträchtigen. Diese Zusätze können eingearbeitet werden, um Eigenschaften wie die Bruchzähigkeit, die Härte, die Bröcklichkeit, die Bruchmechanik oder das Trocknungsverhalten zu modifizieren. In seiner am meisten bevorzugten Anwendungsform enthält das Sol oder Gel ein fein verteiltes submikronkristallines Impfmateriel oder dessen Vorläufer in wirksamer Menge, um die Umwandlung des Aluminiumhydroxides in Alphaaluminiumoxid beim Sintern zu erleichtern. Die Menge des Impfmateriels sollte etwa 10 Gewichtsanteile in % des Aluminiumhydroxids nicht übersteigen und ist normalerweise in Mengen von mehr als etwa 5 Gewichtsanteile in % nicht von Nutzen. Wenn der Impfsatz hinreichend feinkörnig ist (vorzugsweise 60 m²/g oder darüber), dann können Mengen von etwa 0,5 bis 10 % eingesetzt werden, wobei 1–5 % bevorzugt werden. Der Zusatz viel größerer Mengen beeinträchtigt gewöhnlich die Stabilität des Sol-Gels und erschwert die Faserbildung. Außerdem nimmt die Stärke der beim Sintern entstehenden Interkristallitbindungen beträchtlich ab, da vorgeformte Alphaaluminiumoxidpartikel zum Sintern viel höhere Temperaturen benötigen. Natürlich führen solche höheren Temperaturen zu Kristallwachstum und anderen negativen Folgen.

Beispiele für feste, mikrokristalline Impfmateriel sind Betaaluminiumoxid, Alphaeisen(III)-oxid, Alphaaluminiumoxid, Gammaaluminiumoxid, Chromoxid und andere feine Kristalltrümmer, die einen Keimbildungsplatz für das Alphaaluminiumoxid liefern, wobei Alphaaluminiumoxid bevorzugt wird. Die Impfsätze können auch in Form eines Vorläufers wie beispielsweise Eisen(III)-nitratlösung zugesetzt werden. Im allgemeinen sollte das Impfmateriel mit dem Alphaaluminiumoxid strukturgleich sein, ähnliche Kristallgittermaße (innerhalb 15 %) aufweisen und bei den Temperaturen, bei denen die Umwandlung in Alphaaluminiumoxid erfolgt (etwa 1000°C bis 1100°C), im getrockneten Gel vorhanden sein.

Die Fasern können jeden zweckmäßigen Querschnitt haben, wie z. B. rund, quadratisch, dreieckig oder sternförmig. Für die meisten Anwendungen wird ein runder Querschnitt bevorzugt, aber bei einigen Anwendungen wird der Zweck u. U. besser durch andere, beispielsweise quadratische oder dreieckige Querschnitte erfüllt.

Die grünen Schleifmittelfasern können aus dem Gel nach vielfältigen Verfahren erzeugt werden, beispielsweise durch Extrusion oder Verspinnen. Die Extrusion ist am zweckmäßigsten für die grünen Fasern zwischen etwa 0,25 mm und 1,5 mm Durchmesser, die nach dem Trocknen und Brennen im Durchmesser ungefähr die Sieböffnungen entsprechen, die für Schleifmittelkörner der Körnung 100 bzw. 24 eingesetzt werden. Das Spinnen ist am zweckmäßigsten für gebrannte Fasern mit einem Durchmesser von weniger als etwa 100 µm. Nach der Erfindung sind gebrannte Fasern mit einer Feinheit bis zu 0,1 µm (0,0001 mm) durch Verspinnen hergestellt worden. Die grünen Fasern schrumpfen beim Brennen. Bei einem Feststoffgehalt von 60 % schrumpfen sie zum Beispiel um etwa 40 % im Durchmesser gegenüber ihrem extrudierten Durchmesser.

Für die Extrusion besonders geeignete Gele sollten einen Feststoffgehalt von etwa 30 % bis etwa 68 % und vorzugsweise von etwa 45 % bis etwa 64 % besitzen. Der optimale Feststoffgehalt ändert sich direkt proportional zum Durchmesser der extrudierten Faser, wobei ein Feststoffgehalt von etwa 60 % für Fasern bevorzugt wird, deren Durchmesser nach dem Brennen der Sieböffnung für ein zerkleinertes Schleifmittelkorn der Körnung 50 (ca. 0,28 mm) annähernd entspricht. Wie oben angedeutet, haben Versuche, durch Einmischen von Feststoffen einen hohen Feststoffgehalt im Gel zu erzielen, gewöhnlich eine sehr nachteilige Wirkung auf die Stabilität des Gels. Das Extrudat besitzt in der Regel eine geringe Grünfestigkeit und hält oft nicht die Faserform, außer bei Durchmesser von etwa 2 mm.

Das Verspinnen der Fasern in Übereinstimmung mit der erfindungsgemäßen Lösung kann ausgeführt werden, indem eine Gelmenge auf eine Scheibe aufgebracht wird, die sich schnell dreht und grüne Fasern abwirft, die fast sofort an der Luft trocknen. Wahlweise kann das Gel in eine Zentrifugentrommel eingebracht werden, an deren äußerem Umfang Löcher oder Schlitze gebohrt sind. Die Zentrifugentrommel kann beispielsweise mit 5000 U/min rotieren, um die Fasern zu erzeugen, die in dem Verfahren mit dem gewünschten „grünen“ Durchmesser gezogen werden. Zur Bildung der grünen Fasern können auch andere bekannte Spinnverfahren eingesetzt werden. Beim Verspinnen liegt der zweckmäßigste Feststoffgehalt zwischen etwa 20 % und 45 %, wobei etwa 35 % bis 40 % bevorzugt werden.

Wenn die Schleifmittelfasern durch Verspinnen erzeugt werden, ist es günstig, etwa 1 % bis 5 % eines nichtglasbildenden Spinnhilfsstoffs, wie z. B. Polyethylenoxid, dem Sol zuzusetzen, aus dem das Gel gebildet wird, um dem Gel günstige viskoelastische Eigenschaften für die Faserbildung zu verleihen. Die optimale Menge des Spinnhilfsstoffs ändert sich umgekehrt proportional zum Feststoffgehalt des Gels. Der Spinnhilfsstoff wird beim Kalzinieren oder Brennen aus den Fasern ausgebrannt. Da sehr wenig Hilfsstoff zugesetzt werden braucht (zur Extrusion im allgemeinen überhaupt keiner), hat er keinen wesentlichen Einfluß auf die Eigenschaften der gebrannten Fasern.

Den extrudierten Gelfasern können verschiedene gewünschte Formen gegeben werden, indem man das Gel durch Preßdüsen von der für den Faserquerschnitt gewünschten Form extrudiert. Wenn die Gelfasern einen relativ großen Querschnitt haben oder aus einem Gel mit hohem Wassergehalt hergestellt wurden, kann es notwendig oder wünschenswert sein, sie 24 bis 72 Stunden lang bei einer Temperatur unter 100°C zu trocknen, bevor sie einer Erhitzung über 100°C ausgesetzt werden. Bei Gelfasern mit einem relativ dünnen Querschnitt oder wenn sie aus Gelen mit sehr hohem Feststoffgehalt bestehen, ist die Trocknung u. U. nicht notwendig.

Es ist natürlich auch möglich, daß die erfindungsgemäßen Fasern weitgehend als Endlofasern getrocknet und gebrannt werden. Sie können dann als Verstärkungselemente in einer Grundmasse z. B. einem Metall oder Kunststoff, eingesetzt werden, wobei ihre Zähigkeit von großem Vorteil ist.

Bei der Vorbereitung auf den Einsatz als Schleifmittelfasern werden die zunächst entstehenden Endlofasern vorzugsweise gebrochen oder auf die für die beabsichtigte Schleifanwendung gewünschte maximale Länge zugeschnitten. Im allgemeinen wird jede Formgebungs- oder Trennoperation, die zur Umwandlung der Endlofasern in diskrete Körper zur Veränderung ihrer Form benötigt wird, am besten im Gelstadium oder im getrockneten Stadium ausgeführt, da sie dann mit viel weniger Arbeits- und Kostenaufwand erfahren kann. Es ist wesentlich schwieriger die viel härteren und festeren Fasern zu bearbeiten, die nach dem Fertigbrennen entsprechend der erfindungsgemäßen Lösung entstehen. Die Endlofasern können daher unmittelbar nach dem Austreten aus der Extruderdüse durch jedes beliebige, an sich bekannte Verfahren zu Fasern der gewünschten Länge verkürzt werden, beispielsweise mittels eines rotierenden Drahtschneiders, der dicht an der Stirnseite vor der Preßdüse montiert ist. Wahlweise können die getrockneten Fasern gebrochen oder leicht zerkleinert und dann in gewünschte Längenbereiche klassiert werden.

Nachdem die Gelfasern in vorbestimmter Weise geformt und geschnitten oder zerkleinert sowie, wenn erforderlich, getrocknet worden sind, werden sie durch kontrolliertes Brennen in Fasern der endgültigen Form umgewandelt. Durch das Brennen werden im wesentlichen der gesamte Aluminiumoxidgehalt der Gelfasern in kristallines Alphaaluminiumoxid umgewandelt. Es sollte aber weder bei zu hoher Temperatur erfolgen noch zu lange dauern, da ein übermäßiges Brennen unerwünschtes Korn- oder Kristallwachstum fördert, wodurch ein Produkt entsteht, das im Gebrauch als Schleifmittel weniger wirksam ist. Im allgemeinen ist für die bevorzugten geimpften Gele ein Brennen bei einer Temperatur zwischen 1200°C und 1350°C mit einer Dauer von 1 h bis zu 5 min hinreichend; allerdings können auch andere Temperaturen und Zeiten angewendet werden. Bei Fasern dicker als 0,25 mm wird das Vorbrennen des getrockneten Materials bei etwa 400–600°C über eine Dauer von mehreren Stunden bzw. 10 Minuten bevorzugt, um die verbleibenden flüchtigen Bestandteile und das gebundene Wasser zu entfernen, die beim Brennen ein Reißen der Fasern verursachen könnten. Das Brennen ungeimpfter Gele erfordert im allgemeinen höhere Temperaturen und längere Zeiten, wie in der US-P 43827 offenbart wird. Besonders für Fasern aus geimpften Gelen führt übermäßiges Brennen schnell dazu, daß größere Körner die meistens oder alle kleineren Körner in der Umgebung absorbieren und damit die Gleichmäßigkeit des Produktes im mikrostrukturellen Maßstab vermindern.

Die erfindungsgemäßen faserförmigen Schleifmittelpartikel haben ein Längenverhältnis, das ist das Verhältnis zwischen der Abmessung in Längsrichtung und ihrem Durchmesser von mindestens 1:1. Wenn der Querschnitt nicht rund ist, z. B. polygonal, wird die größte Abmessung senkrecht zur Längsrichtung bei der Bestimmung des Längsverhältnisses verwendet. Das Längenverhältnis liegt vorzugsweise zwischen etwa 2:1 und 8:1, obwohl längere Fasern in vielen Anwendungen ebenfalls brauchbar sind. Die bei der praktischen Realisierung der Erfindung besonders brauchbaren Fasern haben eine Härte von mindestens 16 GPa und vorzugsweise mindestens 18 GPa für die meisten Anwendungen (Vickers-Eindringkörper, Last 500 g) und Dichte von vorzugsweise mindestens 90% und möglichst 95% der theoretischen Dichte. Reines dichtes Alphaaluminiumoxid hat eine Härte von etwa 20–21 GPa. Zumindest in einigen Fällen können die zum Einsatz kommenden Schleifmittelfasern in Längsrichtung verdreht oder etwas gekrümmt oder gebogen sein.

Es wird angenommen, daß gekrümmte oder verdrehte Schleifmittelfasern ihren geraden Gegenstücken bei Anwendung in Schleifkörpern aus gebundenem Schleifmittel überlegen sein können, da die gekrümmte oder verdrehte Konfiguration das Herausziehen derart geformter Schleifmittelfasern aus ihrer Bindung erschwert. Außerdem erleichtern es solche gewundenen oder verdrehten Schleifmittelfasern, erwünschte Bereiche von loseren Dichten in einer Schleifscheibe zu erzielen. Der Durchmesser der Schleifmittelfasern kann bis zu über 1,5 mm in einem Bereich bis etwa 2 mm betragen. Es hat sich gezeigt, daß mit den erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern Schleifmittelkörper aus gebundenem Schleifmittel herstellbar sind, die vergleichbaren Erzeugnissen, welche zerkleinerte schmelzgeformte und gesinterte Schleifmittelkörner mit einem Querschnitt (Körnung) annähernd gleich dem Durchmesser der Schleifmittelfaser enthalten, weit überlegen wird.

Die erfindungsgemäßen faserförmigen Schleifmittelpartikel können in Schleifkörpern wie z. B. Schleifscheiben, Segmentschleifkörper und Abziehsteinen verwendet werden, die sich aus einem Bindemittel und gesinterten Sol-Gel-Schleifmittelfasern zusammensetzen. Die Mengen des Bindemittels und des Schleifmittels können, bezogen auf Volumenanteile in % zwischen 3% und 76% Bindemittel, 24% und 62% Schleifmittel sowie 0% und 73% Poren variieren. Wie aus diesen Zusammensetzungen in Volumenanteile in % ersichtlich, gestattet das faserförmige Schleifmittel die Produktion von Schleifkörpern aus gebundenem Schleifmittel mit wesentlich höheren Gefügekenwerten in weichen Qualitäten, als dieses bisher mit gleichartigem Schleifmittel von herkömmlicher Form möglich war. Herkömmliche porenbildende Mittel, wie z. B. Hohlglasperlen, Vollglasperlen, Hohlharzperlen, Vollharzperlen, Schaumglasteilchen, blasiges Aluminiumoxid u. a. können jedoch in die Schleifscheiben eingelagert werden und bieten dadurch noch mehr Spielraum bezüglich Veränderungen der Qualität und der Gefügekenwerte.

Die Schleifkörper können entweder mit einem harzartigen oder mit einem keramischen Bindemittel gebunden werden. Die bevorzugten harzartigen Bindemittel basieren auf Phenolformaldehydharz, Epoxidharz, Polyurethan, Polyester, Schellack, Polyamid, Polybenzimidazol oder Mischungen dieser Stoffe. Die Bindemittel können in an sich bekannter Weise 0 bis 75 Volumenanteile in % eines oder mehrerer Füllstoffe oder Schleifhilfsstoffe enthalten. Wenn das Bindemittel vom harzartigen Typ ist, sind geeignete Füllstoffe u. a. Kryolith, Eisensulfid, Kalziumfluorid, Zinkfluorid, Ammoniumchlorid, Copolymere von Vinylchlorid und Vinylidenchlorid, Polytetrafluorethylen, Kaliumfluoroborat, Kaliumsulfat, Zinkchlorid, Kyanit, Mullit, Nephelinsyenit, Molybdändisulfid, Graphit, Natriumchlorid oder Mischungen dieser verschiedenen Materialien.

Die keramischen Bindemittel eignen sich zwar zum Einmischen von Füllstoffen, aber die Anzahl von brauchbaren Füllstoffen ist wegen der relativ hohen Temperaturen, die zum Einbrennen derartiger Bindemittel erforderlich sind, etwas gering. Füllstoffe wie Kyanit, Mullit, Nephelinsyenit, Graphit und Molybdädisulfid können jedoch je nach der Einbrenntemperatur eines speziellen keramischen Bindemittels verwendet werden. Die Schleifscheiben mit keramischen Bindemitteln können auch mit einem Schleifhilfsstoff getränkt werden, wie z. B. geschmolzenem Schwefel, oder sie können mit einem Bindemittel wie Epoxidharz getränkt werden, um einen Schleifhilfsstoff in die Poren der Scheiben einzubringen.

Bei der Herstellung von Schleifmittelblättern unter Verwendung der erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern werden diese unmittelbar an einem Faserende durch eine Bindelage oder Kontaktschicht auf einer flexiblen Trägerunterlage fixiert. Die Fasern stehen im allgemeinen von der Trägerunterlage ab und werden normalerweise mit einer Bindemittelschicht überzogen, um sie stärker in der Trägerunterlage zu verankern. Diese kann durch eine an sich bekannte, für Schleifmittel verwendete Trägerunterlage gebildet werden, wie z. B. Web- oder Nähwirkware, Folie oder Papier. Zur Vorbereitung der Trägerunterlage werden je nach dem Anwendungsfall eine Vielzahl von an sich bekannten Gewebe- bzw. Papierbehandlungsverfahren sowie Materialien verwendet, die alle ebenfalls bei der Herstellung von Schleifmittelblättern entsprechend der erfindungsgemäßen Lösung einsetzbar sind. Entsprechend kann auch jede an sich bekannte, bei der Herstellung von Schleifmittelblättern verwendete Kontaktschicht eingesetzt werden.

Wenn das mittlere Längenverhältnis der erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern z. B. 1,5:1 bis 6:1 oder noch höher sein kann, dann kann die Bindemittelschicht durch normale Walzbeschichtungsverfahren aufgebracht werden. Wenn die Schleifmittelfasern ein größeres Längenverhältnis haben, erfolgt die Beschichtung besser auf andere Weise, z. B. durch Spritzbeschichten, wodurch die Fasern nicht zu stark niedergedrückt werden. Für die Bindemittelschicht können ebenfalls beliebige bekannte Materialien verwendet werden, die in die bei der Herstellung von Schleifmittelblättern angewendet werden. Es hat sich gezeigt, daß die Schleifmittelblätter nach der Erfindung eine wesentlich längere Lebensdauer haben als diejenigen, die in an sich bekannte Weise zerkleinerte Schleifkörner enthalten. Ihre Spanleistung ist gewöhnlich auch weniger unterschiedlich, und sie gewährleisten bei den zu schleifenden Werkstück eine gleichbleibendere bei dem Einsatz von Oberflächengüte als an sich bekannten Schleifmittelblättern.

Überraschend hat sich gezeigt, daß der Einsatz von Schleifmittelblättern, welche die erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern enthalten, bei Schleifarbeiten mit niedrigem Schleifdruck besonders effektiv sind.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist es, daß Schleifmittelblätter nicht nur mit Schleifmittelfasern beliebiger Länge herstellbar sind, sondern die Größenverteilung für eine bestimmte Anwendung beliebig exakt oder verschiedenartig sein kann, was bisher mit dem walzengebrochenen zerkleinerten Schleifkorn nicht erreichbar war. Ein weiterer Vorteil ist es, daß bei Schleifmittelblättern, welche die erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern enthalten, die Fasern auf eine Vielzahl von Längen bzw. Längenverhältnissen zugeschnitten werden können, um eine normale klassierte CAMI-Fasermischung zu simulieren. Wahlweise können die Schleifmittelblätter eine dimensionierte Mischung von groben, Kontroll- und dünnen Schleifmittelfasern enthalten.

Ein weiterer Vorteil beim Einsatz von Schleifmittelfasern ist es, daß kein Abfall wie bei herkömmlichen zerkleinerten Körnern entsteht, so daß der Produktionsablauf wirtschaftlicher und effektiver ist.

Die erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern und die das Schleifmittel enthaltenden Schleifkörper und die Schleifmittelblätter sind im allgemeinen den an sich bekannten Schleifmitteln überlegen, wie die folgenden Beispiele zeigen. Die Schleifkörper eignen sich zum Schleifen aller Arten von Metall, beispielsweise von verschiedenen Stählen wie rostfreiem Stahl, Gußstahl, gehärtetem Werkzeugstahl von Gußeisen, wie Gußeisen mit Kugelgraphit, Temperguß, Sphäroguß, Schalenhartguß und Kugelgraphitgrauguß sowie von Metallen wie Chrom, Titan und Aluminium. Wie alle Schleifmittel und die sie enthaltenden Schleifkörper oder Schleifmittelblätter sind das Schleifmittel und die Schleifkörper nach der Erfindung beim Schleifen bestimmter Metalle wirksamer als bei anderen und in bestimmten Schleifanwendungen leistungsfähiger als in anderen. Beispiele für bevorzugte Realisierungen

Beispiel 1

In diesem Beispiel wurden 196,4 kg Pural® NG-Aluminiummonohydroxidpulver, bezogen von der Condea Chemie GmbH, 38,2 kg Wasser, vermengt mit 1,37 kg Alphaaluminiumoxid-Impfmaterial und 28,8 kg destilliertes Wasser in einem gewöhnlichen Doppelmantel-V-Mischer fünf Minuten lang gemischt und ergaben eine im wesentlichen gleichmäßige Aufschlämmung. An diesem Punkt wurden 16 kg Salpetersäure (Konzentration 70%), verdünnt mit 44,6 kg destilliertem Wasser unter fortgesetzter Rotation der Mischerschaukeln dem Mischer zugesetzt. Nach fünf Minuten weiteren Mischens erfolgte die Umwandlung des Sols in ein Gel, das etwa 61 % Feststoffe einschließlich des im wesentlichen gleichmäßig verteilten Impfmaterials enthielt. Das Impfmaterial in diesem Beispiel wurde aufbereitet, indem eine Charge destilliertes Wasser in einer Sweco-Mühle, Modell 45, mit 88%igem Aluminiumoxid-Mahlkörper von Standardqualität (je 12 mm Durchmesser x 12 mm Länge), bezogen von der Diamonite Products Company, Shreve, Ohio, vermahlen wurde, bis die Kristallkeime im Wasser eine spezifische Oberfläche von mindestens 100 m²/g erreichten.

Das verwendete Pural® NG-Pulver hatte eine Reinheit von etwa 99,6% mit geringen Beimengungen von Kohlenstoff, Siliziumdioxid, Magnesiumoxid und Eisenoxid.

Das geimpfte Gel wurde in üblicher Weise durch eine glattwandige Preßdüse mit mehreren Bohrungen von etwa 1,19 mm Durchmesser extrudiert, um kontinuierlich Gelfasern zu erzeugen. Die Gelfasern wurden dann 24-72 Stunden lang bei einer Temperatur von 75 bis 80°C und einer relativen Luftfeuchte 85 % getrocknet. Nach diesem Trocknungsschritt waren die Endlofasern relativ spröde und konnten leicht auf kurze Längen zerkleinert oder gebrochen werden. Für dieses Beispiel wurden aus den Endlofasern faserförmige Körper mit einer durchschnittlichen Länge von 2 mm bis 8 mm hergestellt. Diese kurzen Fasern wurden dann durch Erhitzen bei einer Erhöhung der Temperatur von 2°C/min auf 800°C, mit einer Erhöhung von etwa 5°C/min von 800°C auf 1370°C in Alphaaluminiumoxid umgewandelt, bei der letzteren Temperatur etwa fünf Minuten lang gehalten, worauf sie abgekühlt wurden. Nach der Abkühlung hatten die Fasern einen mittleren Durchmesser von etwa 0,58 mm und zufällig verteilte Längen von etwa 1,5 mm bis 6 mm und bestanden weitgehend aus reinem Alphaaluminiumoxid mit einer mittleren Kristallitgröße von 0,3 µm und einer Vickers-Härte von mehr als ca. 1,6 GPa. Alle Kristallitgrößen wurden hierbei nach dem Linienschnittverfahren gemessen.

Diese zuletzt beschriebenen Schleifmittelfasern hatten einen nur etwas kleineren Durchmesser als ein Schleifkorn der Standardkörnung 30. Diese faserförmigen Körner wurden in an sich bekannter Weise nach dem US-PS 4543 107, zu keramisch gebundenen Schleifscheiben verarbeitet. Aus geschmolzenen 32a-Schleifmittelfasern (Sulfidverfahren), die von der Norton Company, Worcester, Massachusetts, vertrieben werden, wurden Vergleichs-Schleifscheiben hergestellt. Diese Testschleifscheiben wurden mit einem Durchmesser von 178 mm (7"), einer Dicke von 12,7 mm (1/2") und einer Bohrung von 31,75 mm (1 1/4") hergestellt. Der Gesamtanteil des Schleifmittels in Volumenanteile in % in jeder Schleifscheibe wurde konstant bei 48% gehalten, und der Anteil des keramischen Bindemittels der Zusammensetzung A in Volumenanteile in % (siehe Tabelle I) werden konstant bei 7,21% gehalten.

Tabelle I Schmelzoxid-Zusammensetzung des Bindemittels A

SiO ₂	47,61
Al ₂ O ₃	16,65
Fe ₂ O ₃	0,38
TiO ₂	0,35
CaO	1,58
MgO	0,10
Na ₂ O	9,63
K ₂ O	2,86
Li ₂ O	1,77
B ₂ O ₃	19,03
MnO ₂	0,02
P ₂ O ₅	0,22
	100,00

Ein Beispiel für ein wahlweise verwendbares keramisches Bindemittel wurde in der schwebenden US-Patentanmeldung, Aktenzeichen 07/236 586, eingereicht am 25. 8. 1988, abgetreten an den gleichen Rechtsnachfolger wie die vorliegende Erfindung, offenbart. Ein Beispiel eines solchen Bindemittels trägt die Bezeichnung 3GF259A, so bezeichnet und vertrieben von der O. Hommel Company of Pittsburgh, Pennsylvania. Dieses gefrittete Bindemittel besteht aus 63% Siliziumoxid, 12% Aluminiumoxid, 1,2% Kalziumoxid, 6,3% Natriumoxid, 7,5% Kaliumoxid und 10% Boroxid, alle Angaben in Gewichtsanteile in %. Die Mischung und die grünen Schleifscheiben werden in der üblichen Weise hergestellt und die letzteren werden bei 900°C gebrannt, um das Bindemittel einzubrennen, wobei der Brennzzyklus aus einem Aufheizabschnitt mit 25°C/h Temperaturanstieg von Raumtemperatur auf 900°C, einem achtstündigen Ausgleichsglühen bei 900°C und einer Abkühlung auf Raumtemperatur mit freier Abkühlungsgeschwindigkeit besteht.

Nach dem Mischen der Schleifmittelfasern mit den Bestandteilen des Glasbindemittels wurden die Testschleifscheiben in Stahlformen auf die gewünschte Porosität von 44,79% formgepreßt. Die Schleifscheiben wurden dann 43 Stunden lang auf 900°C aufgeheizt, 16 h lang bei dieser Temperatur gehalten, worauf man sie auf Raumtemperatur abkühlen ließ. Die gebrannten Schleifscheiben wurden zur Vorbereitung für einen Nutenschleiftest auf 6,35 mm (1/4") abgerichtet und geschliffen. Die Schleifscheiben mit den erfindungsgemäßen Schleifmittelfasern wurden mit SN 119, die Vergleichsschleifscheiben mit dem an sich bekannten schmelzgeformten Schleifmittel mit 32A30 bezeichnet. Das zu schleifende Material war auf Rc60 (Rockwell-Härte) gehärteter D3 Werkzeugstahl, die Länge der geschliffenen Nut war 40,64 cm (16,01"). Die Tests wurden mit einer Flächenschleifmaschine von Brown and Sharpe durchgeführt, wobei die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe auf 30,48 m/s (6000 Fuß/min) und die Tischgeschwindigkeit auf 0,254 m/s (50 Fuß/min) eingestellt wurden. Tests wurden bei drei Tiefenvorschubwerten durchgeführt: 0,025 mm, 0,051 mm und 0,076 mm (1, 2 und 3 Millizoll) pro Doppeldurchgang, sämtlich bis zu einer Gesamttiefe von 1,524 mm (60 Millizoll). Der Schleifscheibenverschleiß, der Metallabtrag und die Leistung wurden bei jeder Zustellgeschwindigkeit gemessen. Der Begriff „G-Verhältnis“, wie er in Tabelle II und weiterhin verwendet wird, bezeichnet die Zahl, die sich aus der Division des abgetragenen Metallvolumens durch die Volumenabnahme der Schleifscheibe infolge Abnutzung bei einem bestimmten Schleifarbeitsgang ergibt; je höher der Quotient, desto höher ist die Qualität der Schleifscheibe.

Die Testergebnisse sind in Tabelle II dargestellt.

Tabelle II Ergebnisse des Trocken-Nutenschleiftestes an D3 Stahl

Schleifmittel (Typ)	Scheibe Nr.	Vorschub (mil)*	G-Verhältnis (Stahl/Scheibe)	Spezif. PS/Zoll ³ min	Energie Joules/ mm ³
Geschmolzen (blockig)	32A30	1	4,0	7,09	19,35
		2	4,25	9,02	24,62
		3	Scheibe blockiert		
Gesintert (extrudierte Fasern)	SN119	1	30,28	5,11	13,95
		2	21,31	4,91	13,40
		3	48,16	8,94	24,41

* mil = 0,001" = 0,0254 mm

Beim trockenen Schleifen von D3 Stahl mit einer Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe von 30,48 m/s (6000 Fuß/min) hatten die mit den erfindungsgemäßen Schleifkörpern hergestellten Schleifscheiben die fünf- bis zehnfache Lebensdauer und verbrauchten weniger Energie zum Abtragen einer Volumeneinheit Stahl als die besten an sich bekannten walzengebrochenen Schmelzschleifkörner von ähnlichen Querschnittsdurchmesser.

Der Vorteil der Schleifscheiben mit länglichen faserförmigen Schleifkörnern, die nach der Erfindung hergestellt werden, war bei hohen Metallabtragsraten besonders ausgeprägt. Für eine bestimmte Schleifqualität zeigt die Schleifscheiben mit dem faserförmigen Schleifmittel eine viel bessere Spanleistung wie die niedrigeren Energiewerte in Tabelle II zeigen, und erzeugten weniger Wärme, woraus sich wiederum eine brandmarkenfreie Oberflächenbeschaffenheit des Werkstücks ergibt. Geringe Hitze und fehlende Brandmarken sind notwendig, um eine metallurgische Beschädigung des zu fertigenden Werkstücks wie Schneidwerkzeugen zu vermeiden.

Beispiel II

In diesem Beispiel wurden keramisch gebundene Segmentschleifkörper mit den gleichen Körnungen wie in Beispiel I beschrieben hergestellt. Diese Segmente wurden so gefertigt, daß sie in ein CORTLAND-Spannfutter von 30,48 cm (12") Durchmesser paßten. Jedes Segment hatte eine Höhe von 12,7 cm (5") und einen Querschnitt, der gleich dem Sehnenabschnitt eines Kreises von 30,48 cm (12") bei einer Sehnenlänge von 19,05 cm (7,5") war. Die Segmente wurden entsprechend den Schleifscheiben in Beispiel I dargestellt. Ein Schleiftest, bei dem das erfindungsgemäße Schleifmittel mit dem besten gegenwärtig eingesetzten geschmolzenen Schleifmitteln verglichen wurde, wurde an quadratischen Stahlplatten von 30,48 cm (12") Seitenlänge aus 1018er Stahl mit einer BLANCHARD Senkrechtschleifmaschine durchgeführt. Es wurde ein Naßschleifverfahren mit einer Emulsion von wasserlöslichem Öl in Wasser im Verhältnis 1:40 angewendet.

Es wurden drei Tiefenschubgeschwindigkeiten getestet:

0,406 mm/min, 0,559 mm/min und 0,711 mm/min (0,016"/min, 0,022"/min und 0,028"/min), und in jedem Falle wurden vier Schleifgänge durchgeführt, jeweils mit einem Gesamt-Tiefenvorschub von 2,54 mm (100 Millizoll). Der Scheibenverschleiß, der Metallabtrag und die Leistung wurden für jeden Arbeitsgang gemessen. Die Gesamtergebnisse sind in Tabelle III angegeben.

Tabelle III Ergebnisse des Segment-Flächenschleiftests an 1018er Stahl

Schleifmittel (Typ)	Segment Nr.	Vorschubgeschwindigkeit (mil/min)*	(mm/min)	G-Verhältn. (Stahl/Scheibe)	Leistung. (kW)
Geschmolzen (blockig)	32A30s	16	0,406	7,44	8,4
		22	0,559	5,75	12,0
		28	0,711	4,48	12,0
Gesintert (extrudierte Fasern)	SN119s	16	0,406	34,32	8,8
		22	0,559	12,64	9,2
		28	0,711	12,64	9,6

* 1 mil = 0,001 Zoll = 0,0254 mm

Wie aus den in Tabelle II dargestellten Ergebnissen ersichtlich, übertrafen die aus den erfindungsgemäßen faserförmigen Schleifmitteln gefertigten Segmente das beste gegenwärtig verwendete Schleifmittel um 300 bis 500% im G-Verhältnis, während ihre Leistungsaufnahme bei den höheren Zustellgeschwindigkeiten wesentlich niedriger war.

Beispiel III

In diesem Beispiel wurde eine Charge faserförmiges Schleifmittel von geringerem Faserdurchmesser hergestellt, indem 3,2 kg Pural® NG-Aluminiummonohydroxid mit 1,3 kg Wasser, vermengt mit 22 g Alphaaluminiumoxid-Impfmaterial, wie in Beispiel I vermischt wurde. Nach fünfminütigem Mischen wurden 200 g 70%ige Salpetersäure verdünnt mit 750 cm³ destilliertem Wasser, zugesetzt, um ein Gel mit 59% Feststoffgehalt zu erzeugen, in dem das Impfmaterial gleichmäßig verteilt war. Das geimpfte Gel wurde dann in üblicher Weise durch eine glattwandige Preßdüse mit mehreren Öffnungen von jeweils 0,60 mm Durchmesser extrudiert. Nach dem Trocknen wurden die extrudierten Fasern auf Längen von durchschnittlich 3 mm gebrochen und dann 5 Minuten lang bei 1320°C gebrannt. Nach dem Brennen entsprach das Maß des Querschnittes der Einzelfasern einem Standardschleifmittel der Körnung 50. Die Brenntemperatur von 1320°C bei einer Brenndauer von 5 min war etwas geringer als in Beispiel I. Wie in Beispiel I waren auch hier die Fasern gebogen und verdreht. Diese Fasern wurden nach der Verfahrensweise von Beispiel I zu Testschleifscheiben verarbeitet, wobei jedoch der Scheibendurchmesser 127 mm (5") betrug, und es wurden Vergleichsscheiben mit einem geimpften Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel der gleichen Zusammensetzung wie derjenigen des faserförmigen Schleifmittels hergestellt, die aber durch Zerkleinern von trockenen Pulverkörpern gefertigt wurden, um blockig geformte Körner von ähnlicher Form wie die geschmolzenen Aluminiumoxidkörper herzustellen. Die Schleifscheiben mit dem erfindungsgemäßen faserförmigen Schleifmittel wurden mit X31-1, die Scheiben mit dem blockigen Sol-Gel-Korn mit SN5 bezeichnet. Diese Schleifscheiben wurden durch Nutschleifen von gehärtetem D3 Stahl wie in Beispiel I getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle IV dargestellt.

Tabelle IV Ergebnisse des Trocken-Nutschleiftestes an D3 Stahl

Schleifmittel (Typ)	Scheibe Nr.	Vorschub (mil)*	G-Verhältnis (Stahl/Scheibe)	Spezif. PS/Zoll ³ min	Energie J/mm ³
Sol-Gel (blockig)	SN5	0,5	24,3	23,0	62,8
		1,0	35,8	15,5	42,3
		2,0	28,8	10,6	28,9
Sol-Gel (extrudierte Fasern)	X31-1	0,5	26,27	18,2	49,7
		1,0	48,58	12,9	35,2
		2,0	73,78	8,7	23,75

* 1 mil = 0,001 Zoll = 0,0254 mm

Diese Ergebnisse zeigen deutlich den Vorteil des faserförmigen Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittels gegenüber dem Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel mit blockig geformten Körnern. Bei der höchsten Vorschubgeschwindigkeit hatten die erfindungsgemäßen Körner ein um 255% höheres G-Verhältnis und eine um 18% niedrigere Energieaufnahme.

Beispiel IV

Vier Sätze heißgepreßte Standard-Handschleifscheiben mit Phenolformaldehydharzbindung wurden in an sich bekannter Weise mit einem Durchmesser von 15,24 (6"), einer Dicke von 1,59 cm (0,625") und einer Bohrung von 1,59 cm (0,625") hergestellt. Ein Scheibensatz enthielt das geschmolzene, blockig geformte Aluminiumoxid-Zirkondioxidschleifmittel (AZ) gemäß US-P 3891 408; ein zweiter Scheibensatz enthielt das blockig geformte geimpfte Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel (SGB) gemäß US-P 46 23364 in der Körnung 16 (US-Standardsiebreihe); und ein dritter Scheibensatz enthielt das im obigen Beispiel I beschriebene faserförmige geimpfte Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel (SGF), jedoch mit einem Durchmesser von 1,5 mm (0,074"). Alle Schleifscheiben waren bis auf den Schleifmitteltyp im wesentlichen gleich; sie waren relativ harter Beschaffenheit mit Volumenanteilen in % von 48% Schleifmittel, 48% Bindemittel und 4% Poren. Alle Schleifscheiben wurden in einem Schleifprozeß eingesetzt, der Bindungen simulierte, die beim Schleifen von Eisenbahnschienen gegeben sind. Die Ergebnisse waren die folgenden, wobei die Schleifscheiben, die das an sich bekannte geschmolzene Aluminiumoxid-Zirkondioxid-(AZ)-Schleifmittel enthielten, als Vergleichsmaßstab verwendet wurden.

Tabelle V Schienenschleiftest – Relative Ergebnisse in %

Schleifmittel- variante	Konst. Leistg. kW	Scheiben- verschleiß- rate	Material abtrags- rate	kW	G-Verhältnis
AZ	1,7	100,0	100,0	100,0	100,0
SGB		239,9	116,8	106,7	48,6
SGF		140,2	141,6	107,8	101,0
AZ	2,2	100,0	100,0	100,0	100,0
SGB		286,4	117,7	101,2	41,1
SGF		149,1	137,2	103,8	92,0
AZ	2,3	100,0	100,0	100,0	100,0
SGB		152,7	99,0	101,4	64,8
SGF		140,0	128,2	99,6	91,5
AZ	2,5	100,0	100,0	100,0	100,0
SGB		248,3	107,5	103,1	43,3
SGF		117,5	120,9	103,5	102,9

Wie aus den G-Verhältnissen, d. h. aus der Material-Volumenabtragsrate pro Einheit des Scheibenverschleißes ersichtlich, war die Gesamtgüte des gegenwärtig verwendeten AZ-Schleifmittels dem blockig geformten geimpften Sol-Gel-Schleifmittel weit überlegen, und das hier beschriebene faserförmige geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel ist nur dem AZ gleichwertig. Beim Schienenschleifen ist es jedoch entscheidend, daß die Eisenbahnschienen für die notwendige Aufarbeitung der Schienen durch Nachschleifen so kurz wie möglich außer Betrieb sind. Damit wird die Geschwindigkeit, mit der eine Schleifscheibe Metall abträgt, der bestimmende Faktor bei der Beurteilung der Qualität einer Schienenschleifscheibe. Die Metallabtragungsgeschwindigkeit der Schleifscheiben, die das faserförmige geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel enthielten, war sowohl der Geschwindigkeit des AZ-Schleifmittels als auch der des blockig geformten geimpften Sol-Gel-Schleifmittels haushoch überlegen. In den verschiedenen Schleifgängen war das faserförmige Schleifmittel bezüglich des abgetragenen Metallgewichts um etwa 42%, 37%, 28% bzw. 21% besser als AZ und um etwa 25, 20, 29 bzw. 13 Prozentpunkte besser als die Schleifscheiben, die das blockig geformte geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel enthielten. Warum das faserförmige geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel sogar seinem geformten Gegenstück überlegen ist, ist nicht vollständig klar, aber der Unterschied war deutlich.

Beispiel V

Eine Serie von handelsüblichen Trennscheiben mit Phenolformaldehydharzbindung wurde nach an sich bekannten Verfahren hergestellt. Die Maße der Schleifscheiben waren 50,8 cm × 0,33 cm × 2,54 cm (20 Zoll × 0,130 Zoll × 1 Zoll), und die Scheiben waren seitlich durch eine Glasfasergewebescheibe mit einem Radius etwa vom halben Radius der Trennscheibe verstärkt, d. h. die Verstärkungsgewebe hatten einen Durchmesser von etwa 25,4 cm (10 Zoll). Die Trennscheiben wurden zu einem Drittel mit blockig geformtem, zerkleinertem Schmelzaluminiumoxid der Körnung 24 (bezogen auf die US-Standardsiebreihe) hergestellt, der von der Norton Company unter der Bezeichnung ALUNDUM (57A) vertrieben wird, wobei ALUNDUM ein registriertes Warenzeichen der Norton Company ist. Ein zweites Drittel der Scheiben enthielt das blockig geformte geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel der Körnung 24, das in der obenerwähnten US-P 46 23364 beschrieben wird (SGB). Das letzte Drittel der Schleifscheiben enthielt, das erfindungsgemäße faserförmige geimpfte Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel (SGF) mit einem Querschnitt, der dem Durchmesser des gleichachsigen 57A und des blockig geformten geimpften Sol-Gel-Schleifmittels der Körnung 24 annähernd war, d. h. ca. 0,74 mm. Auf Volumenbasis enthielten alle Schleifscheiben 48% Schleifmittel, 46% Bindemittel und 6% Poren.

Die Scheiben wurden durch trockenes Trennen von 3,81 cm (1,5") dickem C 1018er Stahl und von 3,81 cm (1,5") dickem 304er rostfreiem Stahl getestet. Die Scheiben wurden in einem Stone M150-Trennschleifer mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 60,96 m/s (12000 Fuß/min) getestet, wobei mit jeder Schleifscheibe 30 Schnitte jeweils mit 2,5 und 4 Sekunden pro Schnitt an den C 1018er Stahlbarren und an dem 304er rostfreien Stahlbarren ausgeführt wurden. Die Ergebnisse des Vergleichstests beim Trennen von C 1018er Stahl bzw. 304er rostfreiem Stahl sind in den Tabellen VI bzw. VII dargestellt.

Tabelle VI Materialtrennung – C 1018er Stahl

Scheibe Nr.	Schleifmittel-typ	Zeit/Schnitt s	MA*) Zoll ³ /min	SV*) Zoll ³ /min	G-Verhältnis	kW	Relat. G-Verh. %
1	57 A	2,5	5,47	0,82	6,67	14,26	100
2	57 A	2,5	5,43	0,81	6,67	13,97	100
3	57 A	4,0	3,45	0,75	5,58	9,27	100
4	SGB	2,5	5,47	0,51	10,79	12,67	193,4
5	SGB	2,5	5,51	0,51	10,79	13,20	193,4
6	SGB	4,0	3,42	0,40	8,65	8,79	155,0
7	SGF	2,5	5,51	0,32	17,24	11,90	258,4
8	SGF	2,5	5,39	0,25	21,54	11,95	323,4
9	SGF	4,0	3,37	0,16	21,54	8,04	470,3

* MA = Materialabtrag SV = Scheibenverschleiß

Beim Trennen von C 1018er Stahl waren die Trennscheiben, die das faserförmige geimpfte Sol-Gel-Aluminiumoxidschleifmittel (SGF) enthielten, in der Gesamtqualität und im G-Verhältnis den Trennscheiben, die das Schmelzaluminiumoxidschleifmittel bzw. Schmelzkorundschleifmittel 57 A bzw. das blockig geformte Schleifmittel SGB als Gegenstück zum SGF-Material enthielten, absolut überlegen. Bei der Trennzeit von 2,5 Sekunden lagen die G-Verhältnisse der SGF-Trennscheiben um 158,5 Prozentpunkte höher als die entsprechenden Werte der 57 A-Scheiben, und bei der Trennzeit von 4 Sekunden lagen sie um 370,3 Prozentpunkte höher. Die Überlegenheit des SGF- gegenüber dem SGB-Material war zwar nicht so groß wie gegenüber dem 57 A, jedoch immer noch sehr groß, nämlich 93,4 Prozentpunkte bei der Trennzeit von 2,5 Sekunden und 55 Prozentpunkte bei der Trennzeit von 4 Sekunden. Es sollte auch vermerkt werden, daß neben der viel höheren Schleifqualität (G-Verhältnis) die SGF-Trennscheiben eine wesentlich geringere Leistungsaufnahme in Kilowatt (kW) hatten als die Scheiben 57 A- bzw. SGB-Schleifmittel. Die Gesamtleistung betrug für alle drei getesteten SGF-Scheiben 31,89 kW, für die drei SGB-Scheiben 34,66 kW und für die drei 57 A-Scheiben 37,55 kW. Das SGF-Schleifmittel führte zu Energieeinsparungen von 15,1 % im Vergleich zu den 57 A-haltigen Scheiben und zu Einsparungen von 7,9 % gegenüber Scheiben, die das SGB-Schleifmittel enthielten.

Tabelle VII Materialtrennung – 304er rostfreier Stahl

Scheibe Nr.	Schleifmittel-typ	Zeit/Schnitt s	MA*) Zoll ³ /min	SV*) Zoll ³ /min	G-Verhältnis	kW	Relat. G-Verh. %
10	57 A	2,5	5,51	1,08	5,11	12,96	100
11	57 A	2,5	5,39	0,92	5,85	12,06	100
12	57 A	4,0	3,45	0,48	7,22	8,94	100
13	57 A	4,0	3,42	0,39	8,66	9,12	100
14	SGB	2,5	5,64	0,52	10,79	12,43	211,2
15	SGB	2,5	5,51	0,51	10,85	12,34	185,5
16	SGB	4,0	3,50	0,20	17,24	9,09	238,9
17	SGB	4,0	3,45	0,20	17,24	8,61	200,5
18	SGF	2,5	5,34	0,37	14,43	11,81	282,4
19	SGF	2,5	5,30	0,37	14,43	12,48	246,7
20	SGF	4,0	3,39	0,16	21,54	8,82	298,3
21	SGF	4,0	3,31	0,15	21,54	8,43	248,7

* MA = Materialabtrag SV = Scheibenverschleiß

Wie beim Trennen von C 1018er Stahl waren die SGF-haltigen Scheiben den Trennscheiben, die das normalerweise verwendete zerkleinerte Schmelzkorund-Schleifmittel 57 A enthielten, enorm überlegen und bedeutend besser als die Scheiben, die das SGB-Schleifmittel enthielten. Bei 2,5 Sekunden pro Schnitt lagen die G-Verhältnisse der SGF-Scheiben um 182,4 bzw. 146,7 Prozentpunkte höher als diejenigen der 57 A-Scheiben, und bei 4 Sekunden pro Schnitt lagen die gleichen Differenzen bei 198,3 bzw. 148,7 Prozentpunkten zugunsten der SGF-Scheiben. Im Vergleich zu den SGB-haltigen Scheiben belief sich der Qualitätsvorteil der SGF-Scheiben bei der Schnittzeit von 2,5 Sekunden auf 71,2 bzw. 61,2 Prozentpunkte, und auf 59,4 bzw. 48,2 Prozentpunkte bei Verlängerung der Schnittzeit auf 4 Sekunden. Bezüglich der Leistungsaufnahme führten die SGF-haltigen Scheiben größtenteils zu einer Energieeinsparung im Vergleich zu den 57 A- bzw. SGB-haltigen Scheiben, jedoch war die Einsparung relativ gering.

Beispiel VI

Vier Sätze handelsübliche Trennscheiben mit Phenolformaldehydharzbindung, mit den Maßen 50,8 cm × 0,22 cm × 2,5 cm (20" × 0,130" × 1") und seitlicher Verstärkung durch Glasfasergewebescheiben mit dem halben Radius der Trennscheibe, wurden auf die übliche Weise hergestellt. Die Trennscheiben hatten eine Zusammensetzung, angegeben in Volumenanteile in % von 50% Schleifmittel, 32% Bindemittel und 18% Poren. Der erste Trennscheibensatz enthielt ein zerkleinertes blockig geformtes Schmelzaluminiumoxid- bzw. Schmelzkorund-Schleifmittel mit der Bezeichnung 53 ALUNDUM (53 A), wobei ALUNDUM ein eingetragenes Warenzeichen der Norton Company, Worcester, Massachusetts ist; das Schleifmittel hatte die Körnung 50, bezogen auf die US-Standardsiebreihe. Der zweite Scheibensatz enthielt ein blockig geformtes gesintertes geimpftes Sol-Gel-Schleifmittel (SGB) nach US-P 4623364, ebenfalls von der Körnung 50. Der dritte und der vierte Trennscheibensatz enthielten das im Beispiel I beschriebene faserförmige gesinterte geimpfte Sol-Gel-Schleifmittel, jedoch mit einem Querschnitt, der etwa

der Körnung des gleichachsigen 53A-Schleifmittels und des blockig geformten geimpften Sol-Gel-Schleifmittels der Körnung 50 entsprach. Alle geimpften Sol-Gel-Schleifmittel hatten Kristallitgrößen im Submikronbereich. Das Schleifmittel in den beiden letzteren Scheibensätzen hatte einen Korndurchmesser von ca. 0,28mm (0,011"), wobei aber in den Scheiben 26 und 27 das durchschnittliche Längenverhältnis 9, in den Scheiben 28 und 29 das durchschnittliche Längenverhältnis 6 war; diese Scheiben sind in der untenstehenden Tabelle VIII mit SGF (a) bzw. SGF (b) bezeichnet.

Zum Trennen von 4340er Stahlwalzen von 10,16cm (4") Durchmesser wurde eine Campbell # 406-Pendeltrennschleifmaschine verwendet. Die Trennung erfolgte durch Naßschleifen mit Wasser bei einem Pendelweg von 4,12 cm (1,62") bei 57 Zyklen pro Minute und Trennzeiten von 1 bzw. 2 Minuten. Die Trennung erfolgte bei einer Umfangsgeschwindigkeit der Trennscheibe von 50,14 m/s (9870 Fuß/min). Die Ergebnisse waren:

Tabelle VIII Materialtrennung – 4340er rostfreier Stahl

Scheibe Nr.	Schleifmitteltyp	Zeit/Schnitt s	Mittl. relat. G-Verhältnis	Mittl. relat. Leistung
22	53 A	60	100	100
24	SGB	60	113	97
		60		
26	SGF (a)	60	319	101
		60		
28	SGF (a)	60	335	102
		60		
23	53 A	120	100	100
25	SGB	120	99	84
27	SGF (a)	120	350	103
		120		
29	SGF (b)	120	401	102
		120		

G-Verhältnis = Volumenverhältnis des Materialabtrages zum Scheibenverschleiß.

Bei einer Zeit von 60 Sekunden pro Schnitt übertrafen die Trennscheiben, welche die faserförmigen gesinterten geimpften Sol-Gel-Schleifmittel SGF (a) bzw. SGF (b) enthielten, die Scheiben mit dem gebräuchlichen zerkleinerten 53A-Schmelzkorund-Schleifmittel und dem verwandten blockig geformten geimpften Sol-Gel-Schleifmittel SGB. Die Scheibe, die das SGB-Schleifmittel enthielt, hatte ein um 13 Prozentpunkte höheres G-Verhältnis als die 53A-Scheibe, während die SGF (a)- und SGF (b)-Scheiben den Standard-53A-Scheiben um 219 bzw. 235 Prozentpunkte überlegen waren. Bei Verlängerung der Schnittzeit für den Durchmesser 10,2 cm (4") auf 120 Sekunden war die Qualität der 53A- und der SGB-Scheiben ungefähr gleich, während die Qualität der Trennscheiben, welche die faserförmigen gesinterten geimpften Sol-Gel-Tonerdeschleifmittel SGF (a) und SGF (b) enthielten, 3,5 bzw. 4mal höher war als die der 53A- und der SGB-Scheiben. In der Leistungsaufnahme ergab sich kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden erfindungsgemäßen SGF-Schleifmitteln und den SGB- und 53A-Schleifmitteln. Jedoch wäre selbst eine 25–30% niedrigere Leistungsaufnahme auf Seiten der Trennscheiben, welche die SGB- und 53A-Schleifmittel enthielten, unter Berücksichtigung der Überlegenheit von 219 bis 301 Prozentpunkten der faserförmigen gesinterten geimpften Sol-Gel-Schleifmittel von geringer Bedeutung.

Ein weiterer Nutzen des faserförmigen Schleifmittels aus geimpftem Gel zeigte sich bei einem Schleifmittel auf Unterlage, wo es die unerwartete Fähigkeit bewies, eine hohe Spanleistung länger als das walzengebrochene SG-Schleifmittel aufrechtzuerhalten.

Beispiel VII

In diesem Beispiel werden die Spanleistung faserförmiger Schleifmittelteilchen aus geimpften Aluminiumoxid (SG) und die von ihnen erzeugte Oberflächengüte mit den Werten von SG-Schleifmittelkörnern verglichen, die durch herkömmliches Walzenbrechen gewonnen wurden. Die faserförmigen Schleifmittelpartikel hatten einen mittleren Durchmesser von 0,33 mm (0,013") was etwa Schleifmittelkörnern der Körnung 50 (0,01369") entsprach, und ein zufällig verteiltes Längenverhältnis im Bereich von etwa 2:1 bis 8:1. Trotzdem ergab die Chargenklassierung einige sehr lange Fasern und einen unverhältnismäßig großen Unterkornanteil, wie im folgenden gezeigt wird. Die Zusammensetzung der Schleifmittelfasern und der walzengebrochenen SG-Kontrollkörner der Körnung 50 war die Gleiche.

Tabelle IX Klassierungsergebnisse walzengebrochener Körner im Vergleich zu Schleifmittelfasern

Korntyp	Serien-Nr.	Körnung	Klasse	LPD*
Walzengebr. Korn	08 D 163.3	50	+3,2 + 1,9	180,7
Schleifmittelfasern	08 D 168.7	50	–2,5 + 30,9	209,1

* LPD = Abstumpftest bei niedrigem Schleifdruck

Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich, ergab sich ein beträchtlicher Unterschied in der Klassierung der beiden Arten von Schleifmittelkörnern. Die Angabe „+3,2 + 1,9“ bedeutet, daß die Probe des walzengebrochenen Schleifmittelkorns beim Test unter Anwendung des CAMI-Klassiersiebsystems 3,2% zu viel Überkorn und 1,9% zu viel Unterkorn aufwies. Das liegt im zulässigen Toleranzbereich für SG-Schleifmittelkorn der Körnung 50. Andererseits bedeutet die Angabe „–2,5 + 30,9“ für die Schleifmittelfaserprobe, daß die Probe 2,5% zu wenig Überkorn und 30,9% zu viel Unterkorn hatte, ein unverhältnismäßig hoher Wert. Der hohe Wert für den Unterkornanteil rührt daher, daß die Schleifmittelfasern („Körner“) alle die gleiche Form haben. Je niedriger die Zahl, desto größer ist der ungefähre Durchmesser, der kleiner ist als die Maschenweite des Kontrollsiebs für die Körnung 50.

Es wurden Faserschleifblätter in der üblichen Weise hergestellt. Die Beschichtungsgewichte waren annähernd: Haftschrift 15 lbs./Ries*, Deckschrift 23 lbs./Ries*, Schleifmittelfasern 65 g, walzengebrochene Körner 52 g. Der hergestellten Faserschleifblätter wurden nach dem üblichen Biegeversuch zunächst in einem Abstumpftest bei niedrigem Schleifdruck beurteilt. Die Ergebnisse zum Vergleich der Spanleistungen und der erzeugten Oberflächengüte sind in der folgenden Tabelle X dargestellt.

* 1 lb. = 0,453 kg.

Tabelle X Vergleich der Spanleistungen und Oberflächengüten an ebenem 3"-Grobblech zwischen faserförmigem Schleifmittel und walzengebrochenem Schleifkorn

Zeit- abschn.	Abtrag				Oberflächengüte					
	SG-Vergl.- Material Körng. 50		Faserförm. Material Körng. 50		SG-Vergl.- Material Körng. 50			Faserförm. Material Körng. 50		
	Abtr./ Abschn.	Kumul. Abtr.	Abtr./ Abschn.	Kumul. Abtr.	Oberflächengüte			Oberflächengüte		
Nr.	g	g	g	g	Ra	Rtm	Pc	Ra	Rtm	Pc
1	29	29	20	20	164	1 005	227	125	995	211
2	26	55	17	37	105	736	265	103	885	233
4	18	94	15	68	80	625	163	109	757	156
6	12	119	10	92	48	414	115	53	386	82
8	8	136	9	112	37	331	103	33	268	73
10	4	146	8	128	34	282	96	28	222	91
12	—	—	7	143	—	—	—	28	193	92
14	—	—	5	154	—	—	—	40	297	81

Ra = Abweichung von der Mittellinie in Mikron.

Rtm = Mittlere Rauhtiefe in Mikron.

Pc = Zahl der Erhöhungen.

Die Oberflächengüte eines metallischen Werkstücks wird normaler Weise durch die Werte Ra und Rt gemessen, die aus Abschnitten an verschiedenen Stellen (z. B. in der Mitte und am rechten und linken Rand) entlang des fertigen Werkstücks entnommen werden. Die Bedeutung dieser statistischen Parameter ist dem Fachmann gut bekannt. Sie sind klar definiert in einer Veröffentlichung mit dem Titel „Einführung in die Oberflächentextur und Teilegeometrie“ der Industrial Metal Products Incorporated (IMPCO), auf deren vollständige Darlegung hier verwiesen wird. Im allgemeinen ist Ra ein Maß für die mittlere Oberflächenrauigkeit. Da viele Oberflächen von unterschiedlicher Topographie ähnliche Ra-Werte ergeben könnten, wird diese Zahl gewöhnlich durch andere Parameter ergänzt, die von der gleichen Oberfläche herrühren. Bei der Feinbearbeitung von Metallen wird der Rt-Wert häufig als Ergänzung zur Ra-Messung verwendet. Der Wert von Rt ist ein Maß für die Tiefe von Marken oder Kratzern, die nach der Feinbearbeitung u. U. auf der Werkstückoberfläche verbleiben. Pc ist eine Zahl, die im allgemeinen die Kratzerhäufigkeit angibt.

Wie aus den obigen Daten ersichtlich, übertraf das Schleifblatt mit den Schleifmittelfasern die Schleifblätter mit dem herkömmlichen walzengebrochenen Schleifmittelkorn in der Spanleistung. Während der ersten Zeitabschnitte war die Abtragrate des Schleifblatts mit den Schleifmittelfasern zunächst etwas niedriger, blieb aber dann über eine viel längere Zeit erhalten. Die von den Schleifmittelfasern bzw. den walzengebrochenen Körnern erzeugte Oberflächengüte scheint ungefähr gleich zu sein. Dabei muß beachtet werden, daß die Chargenklassierung der faserförmigen Schleifmittelpartikel, wie oben beschrieben, einen unverhältnismäßig großen Unterkornanteil und einige sehr lange Fasern ergab. Bei einer stärker kontrollierten „Klassierung“ würde sich wahrscheinlich eine andere Oberflächengüte ergeben.

Ein weiterer Test (112 Dsl) wurde durchgeführt, um einen Vergleich der Spanleistung und der erzeugten Oberflächengüte zwischen den Schleifmittelfasern und walzengebrochenem Schleifmittelkorn der Körnung 50 bzw. 36 anzustellen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle XI dargestellt. Der Probekörper hat eine Stirnfläche von 25,4 mm (1") Durchmesser.

Tabelle XI Vergleich der Spanleistungen und Oberflächengüten an dem Probekörper aus Stahl mit einer Stirnseite von 1" Durchmesser zwischen Schleifmittelfasern und walzengebrochenem Schleifmittelkorn

Abtrag			Oberflächengüte								
SGV*	# 952*	SGV*	SG-Vergl.-Mat.			# 952*			SG-Vergl.-Mat.		
Kg.	Kg.	Kg.	Körng.			Körng.			Körng.		
50	50	36	50			50			36		
Kumulat. Abtrag			Oberflächengüte			Oberflächengüte			Oberflächengüte		
in g			Ra	Rtm	Pc	Ra	Rtm	Pc	Ra	Rtm	Pc
1	41	31	44	152	1053	214	207	1455	149	226	1181
5	215	189	256	154	852	195	196	1279	173	205	1079
10	438	419	526	119	839	233	158	1019	179	135	840
15	627	640	779	136	1018	243	136	714	159	128	711
20	779	869	1001	63	599	353	124	730	196	129	820
25	880	1060	1181	41	420	320	92	581	230	75	526
30	926	1228	1334	42	254	100	80	423	152	73	534
35	–	1350	1437	–	–	–	87	477	139	54	394
40	–	1444	1506	–	–	–	48	431	200	70	359
44	–	1496	1541	–	–	–	73	489	96	80	503
48	–	1532	–	–	–	–	65	347	90	–	–

* SGV = SG-Vergleichsmaterial/ # 952 = Schleifmittelfasern
Ra = Abweichung von der Mittellinie in Mikron.
Rtm = Mittlere Rautiefe in Mikron.
Pc = Zahl der Erhöhungen.

Wie aus den obigen Ergebnissen ersichtlich, übertrafen die Schleifmittelfasern der Körnung 50 nicht nur die walzengebrochenen Schleifmittelkörner der Körnung 50 im Abtrag, sondern der Abtrag war gleich demjenigen des Vergleichsmaterials der Körnung 36. Wieder hatten die Schleifmittelfasern anfänglich eine etwas niedrigere Abtragsrate als die walzengebrochenen Körner, behielten jedoch diese über eine längere Zeit bei. Bei diesem Test an Stahl mit einer Stirnfläche von 25,4mm Durchmesser erzeugten die faserförmigen Schleifmittelteilchen eine ähnliche Oberflächengüte wie das Vergleichsmaterial der Körnung 36.

Beispiel VIII

Dieses Beispiel veranschaulicht den Effekt der In-situ-Erzeugung des Alphaaluminiumoxids in Form von Schleifmittelfasern im Gegensatz zur Extrusion von Alphaaluminiumoxidpartikeln in einem geeigneten Medium, gefolgt von einer Sinterung zur Bildung einer zusammenhängenden Struktur.

Das erfindungsgemäße Erzeugnis wurde hergestellt, indem Böhmit („Disperal“ von Condea) mit Wasser und 1 Gewichtsanteil in % bezogen auf das Böhmit, Alphaaluminiumoxid von Submikron-Korngröße zwei Minuten lang in einem V-Mischer gemischt wurde. Dann wurde eine Salpetersäurelösung von 18 % Gewichtsanteile in % zugesetzt, was bezogen auf das Böhmit 7 Gewichtsanteile in % Salpetersäure ergab. Das Mischen wurde weiter fünf (5) Minuten lang fortgesetzt, um ein Böhmit-Gel zu erzeugen.

Es wurden dann eine Reihe von Produkten zu Vergleichszwecken hergestellt, die dem obigen Erzeugnis entsprachen, außer daß mehr Alphaaluminiumoxid (von der Art, wie sie oben als Impfmateriel verwendet wurde) zugesetzt wurde, derart, daß die Gesamtmischung viel höhere Gewichtsanteile Aluminiumoxid enthielt. Das Böhmit wurde beibehalten, um die Mischung extrudierbar zu machen. Die Ansätze sind in der folgenden Tabelle XII beschrieben.

Tabelle XII

Ansatz	Variante	% Feststoff
Vergleichsansatz A	30 % Alphaaluminiumoxid	70 %
Vergleichsansatz B*	30 % Alphaaluminiumoxid	70 %
Vergleichsansatz D	90 % Alphaaluminiumoxid/10 % Gel	
Vergleichsansatz E	60 % Alphaaluminiumoxid/40 % Gel	
Vergleichsansatz F	60 % Alphaaluminiumoxid/40 % Gel	
Beispiel 1	1 % Alphaaluminiumoxid (Impfzusatz)	62 %
Beispiel 2	1 % Alphaaluminiumoxid (Impfzusatz)	58 %
Beispiel 3	1 % Alphaaluminiumoxid (Impfzusatz)	59 %

* Zusätzliches Ultraschallmischen der Aufschlämmung wurde angewendet.

Diese Materialien wurden dann extrudiert, um Fasern zu bilden, die unter den nachfolgend beschriebenen Bedingungen getrocknet und gesintert wurden. Zum Sintern der Vergleichsansätze mit hohem Alphaaluminiumoxidgehalt waren höhere Temperaturen erforderlich als für die nach dem Verfahren mit geimpften Sol-Gel erzeugten Ansätze. Proben von Fasern wurden dann nach einem einfachen Dreipunktverfahren unter Verwendung einer Instron-Prüfmaschine mit einer Kreuzkopfgeschwindigkeit von 2,0mm/min auf Festigkeit geprüft. Die Schleifmittelfaser lag auf zwei Kanten im Abstand von 10mm (9mm im Falle der Vergleichsansätze C, D und E). Ein abwärts gerichteter Druck wirkte in der Mitte zwischen diesen Auflagepunkten über eine Messerschneide ein. Der Druck wurde allmählich bis zum Bruch der Faser erhöht, und dieser Druck, geteilt durch die Querschnittsfläche der Faser, ist in der folgenden Tabelle XIII als Bruchfestigkeit angegeben.

Tabelle XIII

Charge	Brenn- temperatur °C	Brenn- dauer min	Faden- durchmesser mm	Bruchfestigkeit Mittelw. kp/cm ²	oberer W.
Vergleichsans. A	1 500	30	0,32	6,831	7,465
Vergleichsans. B	1 550	30	0,3175	6,162	6,268
Vergleichsans. C	1 450	60	1,00	5,424	6,646
Vergleichsans. D	1 300	6	0,88	3,430	4,036
Vergleichsans. E	1 350	6	0,87	2,378	2,436
Ex. 1	1 370	4	0,054	11,197	13,239
Ex. 2	1 350	30	0,043	14,366	15,986
	1 350	5	0,046	14,154	17,112
	1 325	30	0,046	14,296	16,549
	1 350	30	0,053	10,281	14,859
Ex. 3	1 350	30	0,020	16,000	18,169

Die Fasern der Vergleichschargen waren viel dicker, da es schwieriger war, dünnere Fasern zu extrudieren, die nach der Extrusion und vor dem Brennen einheitliche Maße aufwiesen. Es zeigte sich, daß höhere Alphaaluminiumoxid-Anteile dieses Problem wesentlich verschärften.

Aus einem Vergleich der obigen Daten ist ersichtlich, daß die Vergleichsfasern bedeutend niedrigere Bruchfestigkeiten hatten, und es ist anzunehmen, daß dies auf die schwächeren Sinterbindungen zurückzuführen ist, die sich im Ergebnis des Sinterungsprozesses zwischen den Alphaaluminiumoxidkristallen entwickelten. Daher haben die bevorzugten, erfindungsgemäßen Fasern möglichst eine Bruchfestigkeit von mindestens 8 000 und vorzugsweise von mindesten 10 000 kp pro Quadratzentimeter Querschnitt, gemessen nach dem in Beispiel VIII beschriebenen Test. Dies steht im Gegensatz zu Erzeugnissen, die durch Sintern vorgeformten Alphaaluminiumoxids erzeugt wurden, wobei viel geringere Festigkeiten erzielt werden.

Beispiel IX

Dieses Beispiel veranschaulicht die erfindungsgemäße Herstellung von Fasern aus einem geimpften Sol-Gel. Zwanzig Gramm Polyethylenoxid in 200 ml destilliertem Wasser wurden mit 28 ml Wasser vermischt, das in einer Sweco-Mühle mit Alphaaluminiumoxid-Medium vermahlen worden war, bis das Wasser 5 % Alphaaluminiumoxid-Feststoff enthielt. Diese Mischung wurde 16 Stunden lang leicht weitergemischt. Dann wurde sie 200 g Aluminiumoxidmonohydrat (Condea NG) zugesetzt und 5 Minuten in einem Hobart-Mischer gemischt. Achtzig Milliliter 20 % Volumenanteile in % Salpetersäure wurden dann zugesetzt, und das Ganze wurde weitere 5 Minuten lang gemischt.

Die erhaltene Mischung, ein viskoselastisches Gel, wurde in eine Trommel von 152,4 mm (6") Durchmesser mit aufgeklemmter Plexiglasplatte gefüllt. Die Trommel wurde auf einer senkrechten Motorwelle befestigt und in einem 0,557 m² (6 Fuß²) großen Gehäuse untergebracht. Die Trommel wurde mit 2 500–3 500 U/min gedreht, und indem das Gel nach auswärts und nach oben gepreßt wurde, bewirkte es, daß das Plexiglas sich verschob und einen Spalt öffnete. Das Gel wurde nach außen gepreßt und zu Fasern ausgezogen. Wegen des sehr kleinen Durchmessers der Fasern trockneten diese sehr schnell. Die Fasern wurden auf dem Sieb einer Austrittsöffnung aufgefangen und dann 15 Minuten lang bei 1 350 °C gebrannt, mit einem linearen Temperaturanstieg von 15 °C pro Minute.

Die aufgefangenen Fasern waren von hoher Reinheit und enthielten 98 % sehr feine Alphaaluminiumoxidkristallite.

Beispiel X

Dieses Beispiel veranschaulicht die Erzeugung faserförmiger Materialien von anderer als der geraden zylindrischen Form durch Extrusion eines geimpften Sol-Gel-Aluminiumoxidmaterials mit unterschiedlichen Querschnittsformen. Entsprechend den Darlegungen in der Beschreibung wird auch hier das größte Maß des faserförmigen Materials als „Körnung“ angegeben. Die Erzeugnisse sind in der Tabelle XIV zusammengefaßt.

Tabelle XIV

Körnung	110	24	24	28	24	50
Form (Querschnitt)	Quadrat	Röhre (große Öffng.)	Röhre (kleine Öffng.)	Dreieck	rund	rund
Brenntemp., °C	1 270	1 270	1 270	1 270	1 250	1 250
Brenndauer, min	5	5	5	5	18	18
Härte (GPa)	19,6	20,9	20,3	18,7	18,9	20,1
Durchm. (mm)	0,14	0,89	0,89	0,71	0,91	0,33
L/D	5,8					
Dichte* (g/cm ³)	3,84	3,89	3,90	3,91	3,88	3,86
Kristallgröße (µm)	0,14	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18

* Ausgewertet mit einem Helium-Pyknometer.

Alles Korn zeigt ausgezeichnete Eigenschaften beim Einsatz als Schleifmittelkorn.

Beispiel XI

Dieses Beispiel veranschaulicht die Auswirkung der Kristallgröße auf die Schleifleistung der erfindungsgemäßen Schleifmittel.

Die Chargen des Schleifmittelkornes wurden nach einem Verfahren unter Verwendung eines geimpften Sol-Gels hergestellt, mit Ausnahme einer Charge („G“, wo die größere Kristallgröße sehr leicht durch Weglassen des Impfens erzielt wurde).

Die Kennwerte der Schleifmittelkörnung waren:

Tabelle XV

Körnung #	Wasserdichte (g/cm ³)	Kristallgröße* (µm)	Sandstrahleindring- tiefe (mm)
A	3,94	1,16	3,91
B	3,93	0,65	3,84
C	3,89	0,54	3,83
D	3,92	0,42	4,14
E	3,90	0,39	4,16
F	3,98	0,26	3,92
G*	3,95	2,54	2,99

* Kristallgrößen wurden sämtlich nach dem Linienschnittverfahren gemessen.

Der Durchmesser der Partikel mit kreisförmigem Querschnitt entsprach der Körnung 50. Es gab eine gewisse Streubreite der Längenverhältnisse in den Proben, die zur Herstellung einer Schleifscheibe von 127 mm × 12,7 mm × 31,75 mm verwendet wurden, wobei zur Fertigung der Scheiben das gleiche keramische Bindemittel eingesetzt wurde. Jede Scheibe wurde auf eine rechtwinklige Randform von 6,4 mm Breite abgerichtet und einem „trockenen“ oder „nassen“ Schleiftest unterzogen. Beim „trockenen“ Schleifen wurde ein D-3-Stahlplatte Rc 60 (Rockwell-Härte) von etwa 100 mm × 400 mm verwendet. Die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe betrug 33,02 m/s (500 Fuß/min). Beim „nassen“ Schleifen wurden eine 4340er gehärtete Stahlplatte von 100 mm x 400 mm und ein White and Bagley E 55-Kühlmittel in Leitungswasser im Verhältnis 1:40 verwendet, wobei die Kühlflüssigkeit mit einer flexiblen 25-mm-D-Düse aufgebracht wurde. Die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe betrug 43,18 m/s (8500 Fuß/min).

Bei dem Verfahren wurden die folgenden Parameter angewendet:

1. Tischgeschwindigkeit 15,24 m/min.
2. Tiefenvorschubwerte 0,5; 1,0 und 1,5 beim trockenen Schleifen und 0,5; 1,0 beim nassen Schleifen. Gesamt-Tiefenvorschub von 2,54 mm (100 Millizoll*).
3. Zu messen waren der Schleifscheibenverschleiß (SV), die Metallabtragsrate (MAR), die Oberflächenbeschaffenheit, die Leistung und die Kraft nach 100 Millizoll (2,54 mm) außer bei dem Tiefenvorschub von 1,5 Millizoll (0,038 mm), wo nach 100,5 Millizoll zu messen war).
4. Die Schleifscheiben waren mit einem Spitzdiamanten bei einem Tiefenvorschub von 1 Millizoll (0,0254 mm) und einem Planvorschub von 250 mm/min abzurichten.

Die erhaltenen Daten sind in den folgenden Tabellen XVI und XII dargestellt.

Die Vergleichsdaten beziehen sich auf handelsübliches herkömmliches Sol-Gel-Material der Körnung 54, das mit dem gleichen Bindemittel verarbeitet ist.

Tabelle XVI Trockenes Schleifen

Kennzeich- nung	Tiefen- vorschub (mil)*	Mittl. Spit- zenleistung (W)	Zoll ³ /Zoll		G-Ver- hältnis	Oberflä- chengüte
			MAR**	SV**		
Vergleich:	0,5	940	0,2470	0,0051	58,1	60
	1,0	960	0,5942	0,0096	62,0	80
	1,5	1 120	0,8839	0,0178	49,8	100
G	0,5	400	0,1035	0,1652	0,6	240
	1,0	500	0,1939	0,3127	0,6	320
	1,5	640	0,2910	0,4852	0,6	300
A	0,5	720	0,2364	0,0430	5,5	170
	1,0	850	0,0992	0,0690	7,1	200
	1,5	1 000	0,7182	0,0892	8,1	280
B	0,5	800	0,2631	0,0301	9,7	120
	1,0	1 000	0,5196	0,0514	10,1	120
	1,5	1 120	0,7916	0,0515	15,4	260

* 1 mil = 0,001 Zoll = 0,0254 mm.

** MAR = Materialabtragsrate SV = Scheibenverschleiß

Tabelle XVI (Fortsetzung)

Kennzeichnung	Tiefenvorschub (mil)*	Mittl. Spitzenleistung (W)	Zoll ³ /Zoll		G-Verhältnis	Oberflächengüte
			MAR**	SV**		
C	0,5	640	0,2625	0,0238	11,0	110
	1,0	960	0,5532	0,0312	17,7	150
	1,5	1 040	0,8239	0,0458	18,0	170
D	0,5	640	0,2736	0,0262	10,5	190
	1,0	920	0,5650	0,0321	17,6	180
	1,5	1 120	0,8543	0,0317	26,9	200
E	0,5	480	0,2613	0,0247	10,6	190
	1,0	690	0,5550	0,0333	16,7	180
	1,5	920	0,8284	0,0471	17,6	200
F	0,5	680	0,2915	0,0079	37,1	170
	1,0	880	0,5838	0,0156	37,3	200
	1,5	1 040	0,8796	0,0176	44,8	200

* 1 mil = 0,001 Zoll = 0,0254 mm.

** MAR = Materialabtragsrate SV = Scheibenverschleiß.

Tabelle XVII Nasses Schleifen

Kennzeichnung	Tiefenvorschub (mil)*	Mittl. Spitzenleistung (W)	Zoll ³ /Zoll		G-Verhältnis	Oberflächengüte
			MAR**	SV**		
Vergleich:	0,5	1 560	0,2470	0,0051	58,1	60
	1,0	1 760	0,5942	0,0096	62,0	80
G	0,5	960	0,0741	0,2006	0,4	230
	1,0	960	0,1416	0,3962	0,4	200
A	0,5	880	0,1422	0,1193	1,2	120
	1,0	1 040	0,3060	0,1958	1,6	120
B	0,5	960	0,2016	0,0453	4,8	180
	1,0	1 120	0,4236	0,0760	5,6	110
C	0,5	1 200	0,2439	0,0191	12,7	140
	1,0	1 360	0,4524	0,0661	6,8	110
D	0,5	1 440	0,2885	0,0100	29,0	120
	1,0	1 520	0,5202	0,0169	30,7	200
E	0,5	1 440	0,2883	0,0092	31,2	100
	1,0	1 760	0,5658	0,0198	28,6	130
F	0,5	1 360	0,2961	0,0043	69,0	120
	1,0	1 480	0,5892	0,0105	59,1	120

* 1 mil = 0,001 Zoll = 0,0254 mm.

** MAR = Materialabtragsrate SV = Scheibenverschleiß.

Aus den obigen Daten ist zu entnehmen, das sich die Schleifleistung mit abnehmender Kristallgröße wesentlich verbessert. Außerdem arbeitete die Scheibe beim trocknen Schleifen um so besser, je stärker die angreifende Kraft war (größerer Tiefenvorschub). Dies ist höchst unerwartet. Die allgemeine Erfahrung ist, daß sich das G-Verhältnis mit der angreifenden Kraft verringert, da die Körner zu polieren beginnen und ihre Wirksamkeit als Schneidkanten abnimmt. Im Gegensatz dazu wurden die erfindungsgemäßen Schleifmittelteilchen zum größten Teil nur immer besser, wobei die zusätzliche Scheibenabnutzung gering blieb.