

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 116/2004 (51) Int. Cl.⁸: **B24D 18/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2004-01-29
(43) Veröffentlicht am: 2007-02-15

(56) Entgegenhaltungen:
D1 M. NEBELUNG ET AL.
"HERSTELLUNG VON MAHLKUGELN
AUS SUBMIKRONPULVERN"
FORTSCHRITTSBERICHT DER
DEUTSCHEN KERAMISCHEN
GESELLSCHAFT, 2002, SEITEN 84-90
D2 A. KRELL ET AL. "SUBMICROMETER
AL203/TI(C,O,N)
COMPOSITES FOR TOOL
APPLICATIONS", CERAMIC
ENGINEERING AND SCIENCE
PROCEEDINGS, 1988, SEITEN 139-146
D3 A. KRELL ET AL., "PROCESSING OF
HIGH-DENSITY
SUBMICROMETER AL203 FOR NEW
APPLICATIONS", J. AM.
CERAM. SOC., 86, 2003, SEITEN 546-
553;
D4 EP 152768A2 D5 EP 571865A1
D6 WO 1990/15777A1

(73) Patentanmelder:
RAPPOLD WINTERTHUR
TECHNOLOGIE GMBH
A-1030 WIEN (AT)
(72) Erfinder:
RAPPOLD EDGAR DIPL.ING. DR.ING.
PFÄFFIKON (CH)
LACH OTTO DIPL.ING. DR.
TREFFEN (AT)
SIX GERD ING.
KLAGENFURT (AT)
KRELL ANDREAS DR.
DRESDEN (DE)
HUTZLER THOMAS DIPL.ING.
DRESDEN (DE)

(54) **SCHLEIFKÖRPERFERTIGUNGSVERFAHREN MIT FEINSTKORNBINDUNGSSYSTEMEN**

- (57) Die Erfindung offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Schleifkörpern, die entweder einteilig mit nur einer Zone, die als Grundkörper und als schleifaktive Zone dient, oder zwei- oder mehrteilig in Form zumindest einer Grundkörperzone und zumindest einer schleifaktiven Zone ausgeführt sind und in denen schleifaktives Material in ein keramisches und/oder organisches Bindemittel eingebettet ist, dadurch gekennzeichnet, dass synthetische, anorganische und/oder organische Rohstoffe mit einer Korngröße im nanoskaligen Bereich (d_{50} : 5-300 nm) und/oder submikronen Bereich (d_{50} : 300-600 nm) zusammen mit natürlichen Rohstoffen, deren mittlere Korngröße sowohl im nanoskaligen und/oder submikronen als auch im μm -Bereich (d_{50} : 1-900 μm) liegen kann, zu einer Bindungsmischung gemahlen und vermischt werden; daraus zusammen mit Schleifkörnern sowie Füllstoffen und/oder sonstigen Hilfsstoffen, gegebenenfalls zusammen mit Bindungsbestandteilen oder sonstigen Zuschlagstoffen mit höheren Korngrößen als die Bindungsmischung, ein Grünkörper geformt wird; und daraus durch Sinterung oder Härtung ein Schleifkörper mit im Wesentlichen röntgenamorpher bzw. vernetzter Bindung erzeugt wird.

Die Erfindung bezieht sich auf alle Arten gebundener Werkzeuge, vorzugsweise Schleifwerkzeuge zur spanenden, trennenden, polierenden und honenden Bearbeitung von Werkstoffen wie Stählen, Legierungen, Nichteisenmetallen, Nichteisenmetall-Legierungen, Hartmetallen (Carbiden, Nitriden), Natur- und Kunststeinen, Keramik, Kunststoffen, Holz und Verbundwerkstoffen, wobei das Schleifwerkzeug einteilig oder mehrteilig, vorzugsweise zweiteilig aus einer Innenzone und einer Außenzone bestehend, aufgebaut ist. Dabei dient die Innenzone (Bohrungszone) vorzugsweise zur Befestigung auf der Schleifmaschine, während die Außenzone die schleifaktive Zone darstellt. In speziellen Fällen, z.B. bei der Zahnradbearbeitung bzw. bei Profilarbeitungen, kann die Aufgabenstellung auch eine umgekehrte bzw. andere Ausführungsform erfordern.

Generell bestehen die Schleifwerkzeuge aus unterschiedlichsten Schleifkörnungen, metallischen Bindemitteln, Kunstharzbindemitteln, keramischen Bindemitteln und inerten und/oder schleifaktiven Füllstoffen.

Schleifmittel der eingangs angeführten Art können sowohl für Nass- als auch für Trockenschleifverfahren verwendet werden und sind beispielsweise in Trenn-, Schleif-, Polier-, Hon-, Produktions- und Instandsetzungsprozessen, vorzugsweise aber in der spanenden Metallbearbeitung einsetzbar.

Schleifkörper der oben angeführten Art sind vielfach beschrieben worden und dienen unterschiedlichsten Einsatzbereichen. Dies gilt gleichermaßen für Kunstharz-, keramisch und metallisch gebundene Werkzeuge. Den meisten dieser Produkte ist jedoch gemein, dass ihre Ausgangsmaterialien, insbesondere die Materialien ihrer Bindungen, eine mittlere Korngröße von 10 bis 5.000 μm aufweisen und demzufolge ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten folgen. Die sich daraus ableitenden Eigenschaften der Schleifkörper sind dadurch stark eingeschränkt und nur begrenzt verbesserbar.

So beschreibt beispielsweise H. Frank in "Keramische Werkstoffe", Kapitel 8.3.6.2, S. 1-94 (Mai 1998), Rohstoffe für die Fertigung keramisch gebundener Schleifscheiben, deren Korngrößen bei ca. 40 μm liegen und deren Bindungsrohstoffe durchschnittliche Korngrößen von $\leq 10 \mu\text{m}$ aufweisen, wobei Zerkleinern, Mahlen und Windsichten als Aufbereitungsmethoden genannt werden.

H. Demel wiederum dokumentiert in seiner Diplomarbeit "Analysenmethoden und Untersuchungen an primären Materialkomponenten zur Qualitätssicherung keramisch gebundener Schleifscheiben" (Montanuniversität Leoben, 1999), dass die Korngröße von Bindungsbestandteilen bei keramischen Schleifscheiben für Mikrokörnungen generell im Größenbereich von 3 bis 25 μm liegt. Nach der Patentschrift DD 207.815 A3 können die Eigenschaften von SiC-Schleifkörpern mit einer SiC-Körnung $< 29 \mu\text{m}$ dadurch verbessert werden, dass die mittlere Korngröße der aus ca. 2/3 Glasfritte und 1/3 mineralischem Rohstoff bestehenden Bindemischungen unter 63 μm gehalten wird.

Aus der Glastechnik ist generell die mit weiterer Aufmahlung der Fritten immer weiter wachsende Sinterfähigkeit bekannt. Yong-Taeg et al. setzten ein Glaspulver mit nur 400 nm Partikelgröße zum Sintern extrem homogener (transparenter) Glasprodukte ein (Sci. and Technol. Adv. Mater. 3 (2002) 4, 297-301). Ebenso wie bei der Herstellung kompakter Glasprodukte stehen der Nutzung solcher Erkenntnisse zur Schleifkörperherstellung aber die mit wachsender spezifischer Oberfläche zunehmenden Verarbeitungsschwierigkeiten, z.B. in Form sinkender Pressdichten, gegenüber. Die Nutzbarkeit von Bindemischungen mit Partikelgrößen $< 1 \mu\text{m}$ für die Schleifkörperherstellung ist bisher nicht bekannt.

M. Nebelung und A. Krell vom Fraunhofer-Institut für Keramiktechnik und Sinterwerkstoffe beschreiben in "Herstellung von Mahlkugeln aus Submikronpulvern", Fortschrittsberichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft, 2002, S. 84-90, die Herstellung von Mahlkugeln aus

feinstverteiltem Aluminiumoxid-Pulver (< 200 nm). Die Verwendung von derartigen Feinstpulvern als Bindemittel für Schleifkörper wird nicht beschrieben.

Da die Verstärkung von Gläsern (Verbesserung von Festigkeit und Bruchzähigkeit K_{IC}) durch Dispersion kristalliner Partikel gut bekannt ist (D.Y. Lee et al., Mater. Sci. Eng. A341 (2003) 1/2, 98-105), wurden zusätzliche Möglichkeiten zur Verstärkung speziell keramischer Schleifkörperbindungen im Auskristallisieren bzw. Einbringen von kristallinen Partikeln im Glasbinder gesucht, realisiert bisher u.a. durch Versuche zum Einsatz von Glaskeramiken als Binder (US 5.981.413, US 6.123.743). In der US 5.178.644 und EP 577.805 B1 wird der Einsatz anorganischer nichtmetallischer Partikel, die z.B. aus hexagonalem Bornitrid oder Oxiden der Elemente Si, Al und Mg bestehen können, zur Reduktion von Schwindungseffekten während der Sinterung in keramisch gebundenen Schleifkörpern beschrieben. Die Partikelgröße der dabei zum Einsatz kommenden kristallinen Partikel liegt in einem Korngrößenbereich von 60 bis 325 mesh (U.S. Standard Sieve Size). Dies entspricht einem Korngrößenbereich von 250 μm bis 45 μm .

Die Verwendung von Glaskeramiken ist allerdings in Zusammenhang mit der gegenüber den üblichen Glasbindern verringerten Viskosität für die resultierende schwächere Bindungswirkung und verringerte Festigkeiten kritisiert worden (T.J. Clark et al., Am. Ceram. Bull. 65(11), 1506-1512 (1986)).

In "Submicrometer $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}(\text{C},\text{O},\text{N})$ Composites for Tool Applications", Ceramic Engineering and Science Proceedings, 1998, S. 139-146, berichten A. Krell et al. über eine Studie darüber, welche Korngrößen durch gemeinsames Mahlen von TiC und Aluminiumoxid, mitunter mit Zusatz von Titanoxycarbid und -oxycarbonitrid, erzielbar sind. Konkret liegen relativ gröberkörnige Ti-Verbindungen neben relativ feinkörnigen Al_2O_3 -Partikeln vor (bis hinunter zu 160 nm Feinheit; siehe Tabelle 1 auf S. 140). Eine Anwendung der Ergebnisse für Werkzeuganwendungen wird zwar allgemein erwähnt, aber nicht näher ausgeführt.

Derselbe Autor beschreibt in "Processing of High-Density Submicrometer Al_2O_3 for New Applications", J. Am. Ceram. Soc. 86, 546-553 (2003), allgemein die Verwendung von Al_2O_3 -Teilchen im submikronen Bereich für neue Anwendungszwecke, v.a. für transparente Körper. Schleifkörper werden nicht erwähnt. Es wird offenbart, dass sich bei zu niedrigen Korngrößen, d.h. im nanoskaligen Bereich < 100 nm, verschiedene mechanische Eigenschaften sogar verschlechtern. Explizit wird beschrieben, dass nicht die Feinteiligkeit, sondern die Verarbeitung der Ausgangsstoffe ausschlaggebend ist. Die Lehre dieses Dokuments führt somit von feinteiligen Ausgangsstoffen weg.

Die EP-A-152.768 offenbart aus Gelen hergestellte Abrasivkörper aus Aluminiumoxid, mitunter mit einer Korngröße im submikronen Bereich, d.h. von wenigen hundert Nanometern (z.B. 200 bis 300 nm). Es handelt sich dabei um im Wesentlichen ungebundene Abrasivkörper aus durch Festphasenreaktion (Sintern) aneinander gebundenen Al_2O_3 -Partikel ohne Bindemittelmatrix.

EP-A-571.865 beschreibt gesinterte Verbundschleifkörner beschrieben, worin Hartstoffe (Diamant und/oder kubisches Bornitrid, CBN) als Schleifkörnungen in einer Al_2O_3 -Matrix eingebettet sind. Die Al_2O_3 -Ausgangskörnung (Primärkristallitgröße) liegt im Bereich von 0,1 bis 1 μm . Die Hartstoffe können zur Verbesserung der Haftung in der Al_2O_3 -Matrix mit einem handelsüblichen keramischen Binder ummantelt werden, wofür in den Beispielen Glasfritte verwendet wird. Die Verbundschleifkörner bestehen daher aus einem System (von innen nach außen) Hartstoff/Glasfritte/ Al_2O_3 oder Hartstoff/ Al_2O_3 , und werden ohne Einsatz eines Bindemittels aneinander gesintert. Das feinkörnige Al_2O_3 dient somit im gesamten Schleifkörper gleichzeitig als Schleifkorn und als Matrixmaterial.

In der WO 90/15777 wird ein Verfahren zur Herstellung von $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Partikeln mit Korngrößen unter 1 μm beschrieben. Wie aus den Mengenverteilungen hervorgeht, liegen die erhaltenen

Körner mehrheitlich mehr oder weniger knapp unter 1 μm Korngröße. Über deren Eignung oder Verwendung als oder in Schleifmittel(n) finden sich keine Angaben.

5 Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Herstellung von Schleifkörpern, mit denen die oben beschriebenen Nachteile des Standes der Technik zur Gänze oder teilweise überwunden werden können, um neue, leistungsfähige Werkzeuge zur Verfügung zu stellen.

10 Um diesen Anforderungen der modernen Schleiftechnologie gerecht werden zu können, wird gemäß vorliegender Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Schleifkörpern bereitgestellt, die entweder einteilig - mit nur einer einzigen Zone, die mit ihren räumlich homogen verteilten Komponenten gleichzeitig sowohl als Grundkörper als auch als schleifaktive Zone dient - oder
15 zwei- oder mehrteilig in Form zumindest einer homogenen Grundkörperzone und zumindest einer in sich ebenfalls homogenen schleifaktiven Zone ausgeführt sind UND und in denen schleifaktives Material (Schleifkörnung), gegebenenfalls zusammen mit Füllstoffen oder sonstigen Hilfsstoffen, in ein keramisches und/oder organisches Bindemittel eingebettet ist. Dabei
20 werden erfindungsgemäß synthetische, anorganische oder organische Rohstoffe mit einer Korngröße im nanoskaligen Bereich mit d_{50} -Werten von 5 bis 300 nm und/oder submikronen Bereich mit d_{50} -Werten von 300 bis 600 nm zusammen mit natürlichen Rohstoffen, deren mittlere Korngröße sowohl im nanoskaligen und/oder submikronen als auch im μm -Bereich mit d_{50} -Werten von 1 bis 900 μm liegen kann, zu einer Bindungsmischung aufbereitet; daraus zusammen mit Schleifkörnern sowie Füllstoffen und/oder sonstigen Hilfsstoffen, gegebenenfalls zusammen mit Bindungsbestandteilen oder sonstigen Zuschlagstoffen mit höheren Korngrößen als die Bindungsmischung, ein Grünkörper geformt; und daraus durch Sinterung oder Härtung ein Schleifkörper mit im Wesentlichen röntgenamorpher bzw. vernetzter Bindung erzeugt.

25 Dabei sind als "nanoskaliger" Bereich hierin Bindungsmischungen zu verstehen, die im Wesentlichen mittlere Partikelgrößen d_{50} von 5 bis 300 nm und spezifische Oberflächen von über 10 m^2/g aufweisen. Der "submikrone Bereich" der verwendeten Bindungsmischungen ist durch einen Bereich mittlerer Partikelgrößen zwischen 300 nm und 600 nm und spezifische Oberflächen zwischen 7 und 10 m^2/g definiert. Die spezifische Oberfläche wird hierfür durch das übliche
30 Verfahren nach BET bestimmt, die Partikelgrößenverteilung mittels kommerzieller Geräte zur Auswertung verdünnter Mess-Suspensionen der Pulver-Rohstoffe (z.B. Laserbeugung). Geringfügige Über- und Unterschreitungen dieser Bandbreiten sind üblich und schränken die Größenordnungsdefinition nicht ein, weswegen die Partikelgrößen-Zahlenwerte in Form der mittleren Korngrößenverteilung d_{50} angegeben sind.

35 Im technologischen Interesse wird die mittlere Partikelgröße für Bindermischungen mit Korngrößen im nanoskaligen Bereich vorteilhafterweise auf den Bereich von etwa 50 bis 300 nm, z.B. 100 bis 200 nm, eingegrenzt, was allzu hohe spezifische Oberflächen vermeidet. Höhere Oberflächenwerte als 25 m^2/g und niedrigere Korngrößen als 50 nm ergeben keine verbesserten Leistungsdaten und sind durch den erhöhten Aufwand als unwirtschaftlich anzusehen.

40 Durch gezielten Einsatz derartig feinkörniger Bindungsbestandteile werden nach dem erfindungsgemäßen Verfahren Schleifkörper gefertigt, die über Festigkeiten verfügen, die nach dem Stand der Technik bei im Wesentlichen amorpher Beschaffenheit der Bindungen als unerreichbar galten. Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Bindungen sind durch nahezu porenfreie und damit defektfreie Bindungsstege, Bindungsbrücken, Bindungshälsen und Bindungsnester gekennzeichnet und ermöglichen deutliche Verbesserungen der mechanischen Schleifkörperparameter gegenüber dem Stand der Technik.

45 Derartige Schleifkörper sind sowohl mit Bindungsmischungen auf keramischer als auch organischer, d.h. vorzugsweise Kunstharz-Basis oder mit Gemischen davon erhältlich. Im Falle von vorwiegend oder zur Gänze keramischen Bindungen erfolgt die Herstellung des Schleifkörpers mittels Sinterung, und zwar vorzugsweise so, dass der Grünkörper bei Sintertemperaturen
50 zwischen 600 und 1.300 $^{\circ}\text{C}$, besonders bevorzugt zwischen 750 und 950 $^{\circ}\text{C}$, gebrannt wird,

wobei der Sinterprozess vorzugsweise nach einer Zeitspanne von 48 bis 408 Stunden, besonders bevorzugt 72 bis 144 Stunden, abgeschlossen ist, wodurch der amorphe Zustand der Bindung und die Festigkeitseigenschaften des fertigen Produkts sichergestellt werden und eine erhebliche Zeit- und damit Kostenersparnis gegenüber herkömmlichen Verfahren erzielt wird.

5 Die Bindungsrohstoffe sind dabei vorzugsweise aus vorgefertigten Gläsern, Tonen, Feldspaten und anderen natürlichen und/oder synthetischen Keramikmaterialien ausgewählt.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können als Ausgangsmaterialien für die Bindungsmischung teilweise oder ausschließlich Präkursoren eingesetzt werden, die erst durch chemische Reaktionsabläufe beim Sintern in die im Endprodukt enthaltene Konfiguration übergehen bzw. den darin eigentlich erwünschten Stoff ergeben. Die Verwendung von präkursoren kann in zahlreichen Fällen Vorteile bei Handhabung, Einwaage, Mahlen und homogenem Vermischen der Ausgangsmaterialien mit sich bringen.

10

In weiteren Ausführungsformen werden bei der Herstellung des Grünkörpers als Zuschlagstoffe kristalline Primärpartikel homogen zugemischt, die auch im gebrannten Schleifkörper als solche - d.h. weiterhin kristallin und in die amorphe Bindungsmatrix eingebettet - bestehen bleiben, z.B. Oxide, Carbide, wodurch die mechanischen Kennwerte (z.B. E-Modul, Biegebruchfestigkeit) der Schleifkörper zusätzlich erhöht werden können. Die mittleren Korngrößen dieser Partikel können entweder ebenfalls im oben definierten nanoskaligen bzw. submikronen Bereich liegen, können aber auch bis zu 2.000 nm und sogar 5.000 nm betragen. In ähnlicher Weise können als Zuschlagstoffe auch Cermets zugesetzt und verarbeitet werden. Konkrete Beispiele für sämtliche eingesetzte Rohstoffe werden später angeführt.

15
20

In Fällen von teilweise, überwiegend oder gänzlich organischen Bindungen erfolgt die Herstellung des Schleifkörpers durch Härtung des Grünkörpers, vorzugsweise bei Temperaturen zwischen 100 und 500 °C, besonders bevorzugt zwischen 120 und 220 °C, wobei der Härtungsprozess vorzugsweise nach einer Zeitspanne von 24 bis 120 Stunden, besonders bevorzugt 36 bis 72 Stunden, abgeschlossen ist. Auf diese Weise kann auch für fertige Schleifkörper mit (teilweise) organischer Bindung die amorphe Beschaffenheit der Bindungsmatrix gewährleistet werden, während gleichzeitig wiederum eine deutliche Zeit- und Kostenersparnis erzielt wird, was das erfindungsgemäße Verfahren gegenüber dem Stand der Technik weitaus wirtschaftlicher macht.

25
30

Die Bindungsrohstoffe sind in diesen Fällen bevorzugt aus Kunststoffen in Form von Homopolymerisaten oder Copolymerisaten (modifizierten Harzen), vorzugsweise aus Phenol-Formaldehyd-Harzen, Epoxidharzen, Polyvinylalkoholen, Polyesterharzen, Kautschukharzen, Polyamiden, Polyetherketonen, Polyacrylsulfanen, Silikonharzen, Polyimiden und Polyphenylensulfiden, oder Gemischen davon ausgewählt.

35
40

In allen diesen Fällen beziehen sich die mittleren Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich auf die einzelnen Schleifkörperbestandteile vor dem Härtungsprozess. Eine weit über den Stand der Technik hinaus reichende Benetzung der Schleifkörner und gegebenenfalls Füll- und Zuschlagstoffe wird dadurch erzielt, dass das Bindemittel mit den erfindungsgemäß definierten Korngrößen und spezifischen Oberflächen die Körner der kristallinen Bestandteile des Schleifkörpers bei der Sinterung bzw. Härtung dicht umgibt und fest ummantelt. Dadurch werden erhebliche Steigerungen der Schleifkörperfestigkeit erzielt, wodurch gleichzeitig Kosteneinsparungen von bis zu 20 % möglich werden, ohne erhöhte Sicherheitsrisiken im praktischen Einsatz der Schleifkörper in Kauf nehmen zu müssen.

45
50

Als Alternative zu Sinterung und Härtung kann die Fertigung des Schleifkörpers aus den Rohmaterialien auch mittels eines Heißpressverfahrens durchgeführt werden, wobei ein keramisch gebundener Schleifkörper vorzugsweise bei Temperaturen unter 1000 °C, besonders bevorzugt zwischen 750 und 950 °C, verpresst und gesintert wird, während ein organisch gebundener Schleifkörper vorzugsweise bei Temperaturen zwischen 100 und 500 °C, besonders bevorzugt

55

zwischen 120 und 220 °C, verpresst und ausgehärtet wird.

In bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden als Zuschlagstoffe Füllstoffe und/oder Verstärkungselemente mit einer durchschnittlichen Teilchengröße d_{50} zwischen 500 nm und 50.000 nm zugemischt, um Festigkeits- und Integritätseigenschaften der Produkte weiter zu verbessern.

Im Gegensatz zu zahlreichen mehrteiligen Schleifkörpern nach dem Stand der Technik sind die einzelnen Zonen erfindungsgemäß bevorzugter "mehrteliger", aus Grundkörper(n) und einer oder mehreren schleifaktiven Zonen bestehenden Schleifkörper nicht mechanisch aneinander fixiert, sondern sind vielmehr eben bzw. symmetrisch zueinander gelagert und ohne mechanische Hilfen, d.h. physikalisch-chemisch miteinander einstückig verbunden, was verbesserte Festigkeit und Betriebs-, z.B. Lauf-Eigenschaften bewirkt.

Dabei können die erfindungsgemäßen Schleifkörper wahlweise mit oder ohne Verstärkungs- und/oder Dämpfungssysteme(n) ausgeführt sein, die jeweils höhere Stabilität und Lebensdauer der Schleifkörper, aber auch Änderungen der Schleifeigenschaften bewirken. Beispielsweise können Whiskers und faserförmige anorganische Stoffe im Falle von keramisch gebundenen Schleifkörpern sowie organische Verstärkungselemente bei Kunstharz-gebundenen Ausführungsformen zum Einsatz kommen, deren Länge beispielsweise 0,5 bis 10 mm betragen kann.

Diese erfindungsgemäßen Unterschiede zu standardmäßigen Schleifkörper-Herstellungsverfahren ermöglichen die Herstellung von Produkten, welche sowohl im chemischen als auch im physikalisch-mechanischen Bereich den marktüblichen Schleifkörpern weit überlegen sind. Bei den in dieser Erfindung genannten bzw. verwendeten Materialien handelt es sich um nachstehende Stoffgruppen bzw. Stoffverbindungen, die an sich in jeder Korngröße bzw. Korngrößenvariation zum Einsatz kommen können, erfindungsgemäß aber zur Erzielung ihrer maximalen Wirkung im nanoskaligen bzw. submikronen Partikelgrößenbereich, wie oben definiert, angesiedelt sind.

Das Verhältnis zwischen Materialien mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich in den Bindungsmischungen und darin enthaltenem Material mit Teilchengrößen über 600 nm liegt erfindungsgemäß bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 10, noch bevorzugter von 1 bis 8, insbesondere von 3 bis 5, und das Verhältnis nanoskalig:submikron liegt vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 5, noch bevorzugter von 1 bis 4, insbesondere von 2 bis 3. Außerhalb dieser Bereiche können einerseits die durch die Erfindung bereitgestellten Vorteile nicht oder in nicht ausreichendem Maße erzielt werden, andererseits kann die praktische Durchführung der Erfindung zu problematisch, aufwändig und/oder unwirtschaftlich werden.

Erfindungsgemäß bevorzugt werden als Ausgangsstoffe die folgenden Materialien eingesetzt:

• *Kristalline und amorphe Rohstoffe der keramischen Industrie*

Gläser, Tone, Kaolin, Feldspate, Kalk, Quarz, Cermets und dergleichen.

• *Füllstoffe*

Metalloxide, Carbonate, Sulfate, Phosphate, Silikate, Kohlenstoffmaterialien unterschiedlicher Struktur und Kristallform sowie sulfidische und halogenhaltige Mineralien und dergleichen, sowie organische und anorganische Fasern.

• *Präkursorsubstanzen und Sinteradditive*

Amorphe und/oder kristalline Silizium- und Aluminiumverbindungen, vorzugsweise Stoffsysteme, deren Endreaktionsprodukte Mullit, Al_2O_3 , SiC oder ähnliche Produkte ergeben.

• *Kunststoffe*

Phenol-Formaldehyd-Harze sowie davon abgeleitete Modifikationen, Amine, Polyamide, Polyester, Epoxide, Silikonharze, Polyimide, Polyacrylsulfane und Polyphenylensulfide und dergleichen.

• *Schleifkörnungen bzw. Hartstoffe*

Korunde jeder Art und Zusammensetzung, Siliziumcarbid, Metallcarbide, Metallnitride, Metallcarbonitride, Diamant, CBN, PKD und dergleichen.

Unter "Präkursoren" sind dabei, wie zuvor erwähnt, gemäß dem Stand der Technik und Wissenschaft Stoffe oder Stoffgemische zu verstehen, die sich aus einem vorgegebenen Ausgangsmaterial durch chemische Reaktion in einen neuen, d.h. den eigentlich gewünschten Stoff umwandeln.

"Cermets" sind Werkstoffe aus zwei getrennten Phasen, wobei ein Bestandteil keramisch (z.B. Oxidkeramik) und der zweite ein Metall ist.

"Füllstoffe" sind im Sinne der Schleifmittelindustrie Produkte, die den Schleif- oder Trennprozess aktiv beeinflussen, etwa indem sie energieabführende Wirkung zeigen.

Der Stand der Technik im Bereich der Schleifmaschinen sowie die hohen Anforderungen der Schleiftechnologie an die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Schleifkörper hat die Entwicklung einer neuen Schleifkörpergeneration geradezu gefordert. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es gelungen, dieser Forderung gerecht zu werden. Anhand nachstehender Detailhinweise soll die Erfindung näher erläutert werden.

Kernpunkt der Erfindung ist der Einsatz von Bindungsmischungen mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich. Dies gilt sowohl für keramische wie auch für organische Bindungen. Bei den Bindungssystemen ist dabei gemeint, dass die im Ausgangszustand Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich aufweisenden Materialien - homogen vermischt mit den restlichen Bindungsrohstoffen - beim Weiterverarbeitungsprozess im erfindungsgemäßen Verfahren in neue Phasen bzw. Strukturen übergehen und dabei den Schleifkörpern aufgrund ihrer spezifischen Ausgangs- bzw. Reaktionseigenschaften Eigenschaften verleihen, die bisher unbekannt waren oder nicht genutzt werden konnten. Weiters können die im erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Bindungen, wie bereits angeführt, alle üblichen homogen eingearbeiteten Materialien, wie z.B. Präkursoren, Rissstopper, Verstärkungselemente (Whiskers, etc.), Porenbildner, Sinterhilfsmittel usw. enthalten.

Zur Herstellung der Bindungsmischungen können die eingesetzten Bindungskomponenten entweder ausschließlich Partikelgrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich besitzen oder aus einer Kombination von derartig feinen und gröber- bis grobkörnigen (etwa 1 bis 5.000 µm) Komponenten bestehen. Das jeweilige Mischungsverhältnis der Komponenten (nanoskalig, submikron, grobkörnig) ist abhängig von der geplanten Anwendung des zu fertigenden Schleifkörpers und kann damit theoretisch jedem beliebigen Bereich von Zahlenverhältnissen entsprechen. In jedem Fall ist aber eine maximale Homogenität der Komponenten anzustreben bzw. zu gewährleisten.

Im Verfahren der vorliegenden Erfindung können diese Bindungsmischungen auch Cermets sein oder selbige enthalten, um spezielle Schleifeigenschaften der Produkte zu erzielen.

Wichtig für den Einsatz der vorgenannten Stoffe und Stoffgruppen im erfindungsgemäßen Verfahren sind vor allem ihre Korngröße, ihre Korngrößenverteilung und ihre spezifische Oberfläche.

Für den Fall des Zusatzes von Stoffen mit Korngrößen im nanoskaligen Bereich zur Bindungsmischung ist deren Löslichkeitsverhalten in der Matrix zu beachten, da verbesserte Eigenschaften oft nur dann erzielbar sind, wenn Zuschlagstoffe auch nach dem Verarbeitungsprozess noch in kristalliner Form vorhanden sind. Auf die Art der Herstellung der Einzelprodukte mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich wird nicht näher eingegangen, da sie nicht Gegenstand der Erfindung sind. Dies gilt auch für die einzelnen Schritte des Herstellungsverfahrens im Detail, d.h. Mischen, Trocknen, Setzen und Zwischenbearbeitung.

Sehr wohl aber sind die Sinter- und Härteprozesse Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens, da die mit den beschriebenen Produkten gefertigten Schleifkörper speziellen Sinter- bzw. Härtingsregimen zu unterziehen sind. So liegen die Sintertemperaturen im erfindungsgemäßen Verfahren für keramische Schleifkörper generell niedriger als bei herkömmlichen, vorzugsweise zwischen 750 und 950 °C. Auch die Sinterdauer ist geringer und kann auf bis zu 30 % unter die Standardwerte gesenkt werden. Ähnlichen Anforderungen sind organisch-gebundene Schleifkörper unterworfen. Die Härtungstemperaturen und -zeiten lassen sich, je nach Ausgangsmaterial, um bis zu 25 % senken.

Bei den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gefertigten Schleifkörper-Endprodukten lassen sich die Ausgangsparameter nicht mehr oder nur teilweise nachweisen, sind aber unumgänglich, um nachstehende Produkteigenschaften zu erzielen. Die Steigerungsrate liegt im Mittel zwischen 40 und 80 %, kann aber in speziellen Fällen auch über 100 % reichen. Damit wird konkret auf die nachfolgenden Parameter Bezug genommen:

A) Mechanische Eigenschaftsverbesserungen

Diese werden erzielt durch:

- Bindungssysteme, die aus Rohstoffen mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich (Bindungsmischungen) erzeugt werden.
- Einsatz von Präkursoren, die eine Produktumwandlung der Einsatzstoffe auf chemischer Basis ermöglichen.
- Einsatz bzw. Anwendung von Cermets, die spezielle Fertigkeitsverbesserungen erbringen und zur Reduktion der Temperaturbelastung der Werkstücke bei Schleifarbeiten führen.
- Einsatz von Bindungssystemen, die Primärkristalle mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich beinhalten. Als Primärkristalle werden kristalline Teilchen verstanden, die sowohl in der Bindungsmischung als auch im gebrannten Produkt keine wie auch immer geartete Umwandlung erfahren.

B) Defektminimierung

Diese wird erzielt durch:

- Bindungssysteme, die aufgrund ihrer Ausgangsmaterialien mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich Bindungen in Schleifkörpern ermöglichen, die keine oder nur mehr minimale innere Poren aufweisen, und zwar sowohl in den Bindungsnestern, den Bindungsstegen, den Bindungshälsen und in den Bindungsbrücken.
- Bindungen, die aufgrund ihrer Ausgangsstoffe mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich eine wesentlich bessere Kornumhüllung des Schleifkorns ermöglichen.
- Bindungen, die aufgrund ihrer Ausgangsstoffe mit Korngrößen im nanoskaligen bzw.

submikronen Bereich wesentlich bessere Sinteraktivitäten entwickeln, wodurch Schleifkörper höherer Dichte herstellbar sind, die bessere Standzeit, hohe Schnitrigkeit, Blank-schliffeigenschaften und optimales Preis-Leistungs-Verhältnis aufweisen (Beeinflussung des Weibul-Moduls).

5

C) Steigerung der Schleifanforderungen

Durch sinnngemäße Anwendung der Erfindung wird Folgendes erzielt:

- 10 - Leistungen von herkömmlichen Schleifkörpern werden um bis zu 40 % übertroffen.
- Oberflächengüten (Polierschliff mit bisher bekannten Schleifkörpern) werden wesentlich verbessert.
- 15 - Mechanische Festigkeitswerte werden um den Faktor 2 erhöht.
- Kühler Schliff wird auch bei hohen Anpressdrücken erreicht.
- Die Struktur der Werkstückoberfläche wird nicht negativ beeinflusst.

20

D) Zusätzliche Entwicklungsergebnisse der Erfindung

Mithilfe der Bindungen, deren Ausgangsmaterialien Korngrößen im nanoskaligen bzw. sub-mikronen Bereich aufweisen, kann nach dem erfindungsgemäßen Verfahren durch gezielte
25 Einformung bzw. Verpressung erstmals eine annähernd runde bzw. ovale Porenstruktur des gesamten Schleifkörpers erreicht werden. Dies verbessert erheblich die Kühlmittelführung, erbringt geringe Temperaturbelastung der Werkstückoberfläche und optimiert die Spanentfernung, wodurch die Gesamtschleifleistung ohne Zusatzaufwand gesteigert werden konnte. Runde Poren verbessern auch wesentlich den K_{IC} -Wert der Schleifmittel.

30

Die vorliegende Erfindung wird nachstehend anhand von Beispielen näher beschrieben, welche die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen veranschaulichen, jedoch keineswegs ihren Schutzzumfang einschränken sollen.

- 35 Die Charakterisierung des Bindungszustands bezüglich der Partikelgröße der Bindungsrohstoffe erfolgt für die keramischen Rohstoffe anhand von Messungen der spezifischen Oberfläche.

Beispiel 1

- 40 In einer ersten Versuchsreihe wurden Proben-Schleifkörper mit folgenden Zusammensetzungen gefertigt:

Schleifkorn:	86 Massen-% gesintertes Al_2O_3 -Schleifkorn (Cubitron [®] , Minnesota Mining and Manufacturing Company);
	Korngröße F80

45

Keramische Bindung:	14 Massen-%; umfassend synthetisch erzeugte Glasfritte und natürliche Mineralien (Ton und Feldspate) als Zuschlagstoffe; alle Bindungsbestandteile als handelsübliche Produkte erhältlich.
---------------------	--

50

Die Fertigung von Probestäben erfolgte mit Bindungsmischungen mit Korngrößen im nanoskali-gen bzw. submikronen Bereich und unterschiedlichen spezifischen Oberflächen im Vergleich zu einer herkömmlichen Bindung (siehe Tabelle 1) anhand von in der Schleifkörperindustrie übli-chen Fertigungsverfahren. Darin beinhaltet sind die "Aufbereitung" der Glasfritten, die zu den
55 im Falle von SN-B2 und SN-B4 erhöhten spezifischen Oberflächen führt: d.h. Mischen, Homo-

genisierung, Benetzung, Vor- und Zwischentrocknung, Siebung, Formgebung, Pressung (auf konstanter Dichte), Sinterung, sowie alle Vorbereitungs- bzw. Aufbereitungsprozesse für Roh-, Hilfs- und Zuschlagkomponenten der Schleifkörpermassen. Die auf diesem Weg gesinterten Probenkörper wurden bei 850, 900 und 950 °C nach Standardkurven gesintert. (Diese generelle Ablaufbeschreibung gilt für alle Beispiele.)

Tabelle 1: Rohstoffkennwerte der keramischen Bindung

Verwendete Bindungen	Spezifische Oberfläche (m ² /g)
Standardbindung (St)	4,68
Submikrone Bindung SN-B2	8,33
Nanoskalige Bindung SN-B4	18,32

Die Auswertung der erzielten mechanischen Eigenschaften der mit diesen Bindungen hergestellten Schleifkörperproben ist nachstehender Tabelle 2 zu entnehmen. Dabei wurden unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit zu Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich aufbereiteten Bindungsmischungen (SN-B2, SN-B4; Zusammensetzung siehe Beispiel 2), die erheblich feinkörniger sind als mit kommerziell erhältlichen Glasfritten (St) möglich, bei im Wesentlichen unveränderter Porosität deutliche Verbesserungen der mechanischen Parameter erzielt.

Tabelle 2: Auswertung von Versuchsreihe 1

Sintertemperatur (°C)	Bindung	E-Modul* (GPa)	Biegefestigkeit** (MPa)
850	St	30,8 ± 3,8	26 ± 5
	SN-B2	54,6 ± 2,1	46 ± 3
	SN-B4	56,2 ± 0,9	59 ± 3
900	St	33,3 ± 4,0	29 ± 4
	SN-B2	54,6 ± 2,6	59 ± 4
	SN-B4	55,9 ± 2,5	66 ± 3
950	St	37,8 ± 3,9	33 ± 3
	SN-B2	56,3 ± 2,5	66 ± 2
	SN-B4	56,4 ± 3,0	69 ± 3

* E-Modul: Elastizitätsmodul, bestimmt aus der Eigenschwingungsfrequenz

** Dreipunkt-Biegefestigkeit

Beispiel 2

In einer zweiten Versuchsreihe wurden Schleifkörper mit folgenden Zusammensetzungen gefertigt (Testablauf und Bedingungen siehe Beispiel 1):

Rezeptur 1 (Standardbindung St aus Tabelle 1)

20 % Al₂O₃ Korngröße F54

60 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F60
10 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F70
<u>10 %</u>	keramische Bindung
100 %	

5

+18 % Porosierungsmittel (bezogen auf 100 % Korn+Bindung)

F54, F60 etc. sind Korngrößenangaben gemäß FEPA-Richtlinien (FEPA = Federation Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs), die in der Schleifmittelindustrie Standard sind.

10

Rezeptur 2 (Bindung SN-B4 aus Tabelle 1)

20 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F54
60 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F60
10 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F70
<u>10 %</u>	keramische Bindung (G)
100 %	

15

+18 % Porosierungsmittel (bezogen auf 100 % Korn+Bindung)

20

Rezeptur 3 (Bindung SN-B4 + 3 % Oxidpartikel mit $d_{50} \leq 1 \mu\text{m}$)

20 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F54
60 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F60
10 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F70
<u>10 %</u>	keramische Bindung
100 %	

25

+ 18 % Porosierungsmittel (bezogen auf 100 % Korn+Bindung)

30

Rezeptur 4 (Bindung SN-B4 + 9 % Oxidpartikel mit $d_{50} \leq 1 \mu\text{m}$)

20 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F54
60 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F60
10 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F70
<u>10 %</u>	keramische Bindung
100 %	

35

+18 % Porosierungsmittel (bezogen auf 100 % Korn+Bindung)

40

Rezeptur 5 (Bindung SN-B4 + 20 % Oxidpartikel mit $d_{50} \leq 1 \mu\text{m}$)

20 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F54
60 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F60
10 %	Al ₂ O ₃ Korngröße F70
<u>10 %</u>	keramische Bindung
100 %	

45

+18 % Porosierungsmittel (bezogen auf 100 % Korn+Bindung)

50

Mit diesen Rezepturen wurden fünf unterschiedliche Schleifscheiben gefertigt, wobei ein Schleifkörper mit Standardbindung (St; siehe Beispiel 1), ein weiterer Schleifkörper mit einer reinen feinstgemahlener Bindung G und drei weitere Schleifkörper mit feinstgemahlener Bindung, in welche unterschiedliche Anteile an Oxidpartikeln eingebettet waren, hergestellt wurden.

55

Die Verarbeitungsschritte und Verarbeitungsbedingungen entsprachen den in der Schleifmittelfertigung üblichen. Die Schleifscheiben wurden bei einer Temperatur von 900 °C gesintert (siehe Beispiel 1).

- 5 Wie nachstehende Tabelle 3 belegt, kann durch den kombinierten Einsatz von zu Korngrößen im nanoskaligen oder submikronen Bereich aufbereiteten Bindungsmischungen (G) und den Zusatz von Oxidpartikeln der G-Faktor eines Schleifkörpers auf nahezu das Doppelte (Faktor 1,94 für Rezeptur 5) gesteigert werden.

10 *Tabelle 3: Auswertung von Versuchsreihe 2*

<i>Scheibe</i>	<i>Bindung*</i>	<i>spez. Oberfläche der ker. Bindung** (m²/g) ^{*4*5}</i>	<i>E-Modul</i>	<i>Härte (nach Grado- Methode) ^{*2}</i>	<i>Spreng- wert (m/s) ^{*3}</i>	<i>G- Faktor ^{*1}</i>
1	St	4,68	26,1	73	141	1
2	G	18,32	29,4	59	162	1,55
3	G + 3%	18,32	28,0	60	160	1,53
4	G + 9%	18,32	30,2	55	163	1,73
5	G + 20%	18,32	33,5	49	169	1,94

- 25 * Die Prozent-Angabe zeigt den Masse-Anteil zugesetzter Oxid-Partikel, bezogen auf die Bindung. (Durch Lösungs- und Ausscheidungsprozesse weicht der Anteil der schließlich in der gesinterten Bindung erhaltenen Partikel davon ab.)

- 30 ** Die spezifische Oberfläche bezieht sich auf den Zustand der Bindung vor dem Einbringen der Oxid-Partikel.

Bei Scheibe Nr. 1 wurde die Bindung in ihrem Standardzustand eingesetzt.

Bei Scheibe Nr. 2 wurde eine gemahlene Bindung eingesetzt.

Bei den Scheiben Nr. 3 bis 5 wurden in diese gemahlene Bindung Oxid-Partikel homogen eingemischt.

35 *Definitionen zu Tabelle 3:*

^{*1} *G-Faktor*: Maß zur Leistungsbeurteilung eines Schleifkörpers.

- 40 ^{*2} *Grado-Methode*: Härteprüfung, bei der ein Meißel mit definiertem Querschnitt und definierter Energie (Masse x Höhe) wiederholt auf die Schleifkörperoberfläche auftrifft. Die Eindringtiefe des Meißels nach 24 Aufschlägen definiert die Härte. Je größer der Zahlenwert der Gradohärte, umso weicher ist der Schleifkörper.

- 45 ^{*3} *Sprengwert*: Bruchgeschwindigkeit; dabei wird die Schleifscheibe bei stetig steigender Drehzahl bis zum Bruch durch Fliehkraft belastet. Aus der Bruchdrehzahl und dem Außendurchmesser wird die Bruchgeschwindigkeit berechnet.

^{*4} *Spezifische Oberfläche*: Oberfläche eines pulvrigen Rohstoffs, bezogen auf die Masse.

50 ^{*5} *BET-Wert*: Die BET-Methode ist eine Analysenmethode zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche durch Gasabsorption. Die Buchstaben B, E und T stehen für die Namen der Erfinder dieser Methode (Brunauer, Emmett und Teller).

55 *Beispiel 3*

In einer dritten Versuchsreihe wurden organisch gebundene Schleifkörper mit folgenden Zusammensetzungen gefertigt:

Rezeptur 1

5

Zusammensetzung der organischen Bindung:

	72 %	schleifaktive Füllstoffe in Form von Kaliumhexafluoroaluminat (K_3AlF_6) bzw. Eisensulfid (FeS_2) (50 % mit Kornfeinheit $d_{50} < 3 \mu m$; 30 % davon $< 800 \mu m$)
10	<u>28 %</u>	Phenol-Formaldehyd-Pulverharz
	100 %	

Schleifkörperzusammensetzung:

15	72 %	Schleifkorn (Korngröße F30)
	3 %	Phenol-Formaldehyd-Flüssigharz
	<u>25 %</u>	organische Bindung
	100 %	

Rezeptur 2

Zusammensetzung der organischen Bindung:

25	75 %	schleifaktive Füllstoffe in Form von Kaliumhexafluoroaluminat (K_3AlF_6) bzw. Eisensulfid (FeS_2) (30 % mit Kornfeinheit $d_{50} < 3 \mu m$; 30 % davon $< 800 nm$)
	25 %	Phenol-Formaldehyd-Pulverharz (50 % mit Kornfeinheit $d_{50} < 2 \mu m$; davon 30 % $< 800 nm$)
	<u>100 %</u>	

Schleifkörperzusammensetzung:

30	70 %	Schleifkorn (Korngröße F36)
	5 %	Phenol-Formaldehyd-Flüssigharz
	<u>25 %</u>	organische Bindung
35	100 %	

Die Fertigung von Schleifkörpern aus diesen beiden Massen erfolgte gemäß den nachstehend angeführten Arbeitsschritten:

- 40 • Mischen der organischen Bindung
- Benetzung der Schleifkörnungen mit Flüssigharz
- Zugabe der organischen Bindung zum benetzten Schleifkorn und Homogenisierung
- Formgebung der Kunstharzmassen (mittels Pressen)
- Aushärten der geformten Körper in Härtekammern bei Temperaturen zwischen 160 und 210 °C in Zeiträumen von 16 bis 48 Stunden.

Die so gefertigten Schleifkörper wurden folgenden Prüfverfahren unterzogen, deren Ergebnisse mit jenen einer Schleifscheibe nach dem Stand der Technik verglichen wurden. Wie die Auswertung der Versuchsreihe 3 in Tabelle 4 zeigt, können unter Verwendung von organisch gebundenen Schleifkörpern deutlich verbesserte Trennleistungen erzielt werden, wenn Schleifscheibenkomponenten mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich zum Einsatz kommen.

Tabelle 4: Auswertung von Versuchsreihe 3

55

<i>Trennscheibe</i>	<i>Bindung</i>	<i>Standzeitverbesserung bei Werkstoff Baustahl</i>	<i>Verfärbung der getrennten Oberfläche nach 40 Schnitten ^{*1}</i>
A	Standard	-	intensive Blaufärbung
A1	Rez. 1	31 %	geringe Blaufärbung
A2	Rez. 2	46 %	geringe Blaufärbung

^{*1} Mithilfe der Farbe, der Farbintensität und der Größe der verfärbten Fläche wird die Kühlschnitteigenschaft (diese wird von der Schnittigkeit des Schleifkorns und der Wirkung der Füllstoffe bzw. der schleifaktiven Additive beeinflusst) einer Trennscheibe charakterisiert. Geringere Blaufärbung weist dabei auf kühlen Schnitt und gute Trennleistung hin.

Ergebnisse

Wie die Auswertungen der Beispiele 1 und 2 in den Tabellen 2 und 3 zeigen, können durch den Einsatz entsprechender, zu Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich aufbereiteter Bindungsmischungen, die erheblich feinkörniger sind, als das mit kommerziell erhältlichen Produkten, z.B. Glasfritten (St), möglich ist, im erfindungsgemäßen Verfahren die mechanischen und die schleiftechnologischen Kenndaten - bei im Wesentlichen unveränderter Porosität - von keramisch gebundenen wesentlich verbessert werden. Durch den kombinierten Einsatz von solchen Bindungsrohstoffen und Zusatz von Oxidpartikeln kann der G-Faktor eines Schleifkörpers auf nahezu das Doppelte (Faktor 1,94 für Rezeptur 5) gesteigert werden.

Wie die Auswertung des Beispiels 3 in Tabelle 4 zeigt, können bei der Herstellung von organisch gebundenen Schleifkörpern wesentlich verbesserte Trennleistungen (Standzeit, Kühlschnittigkeit sowie Formhaltigkeit) von Trennscheiben erzielt werden, wenn Schleifkörperkomponenten mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich zum Einsatz kommen.

Patentansprüche:

- Verfahren zur Herstellung von Schleifkörpern, z.B. rotationssymmetrischen Schleifscheiben, Schleiftöpfen, Trennschleifscheiben oder Schleifsegmentsätzen, die entweder einteilig - mit nur einer einzigen Zone, die mit ihren räumlich homogen verteilten Komponenten gleichzeitig sowohl als Grundkörper als auch als schleifaktive Zone dient - oder zwei- oder mehrteilig in Form zumindest einer homogenen Grundkörperzone und zumindest einer in sich ebenfalls homogenen schleifaktiven Zone ausgeführt sind und in denen schleifaktives Material (Schleifkörnung), gegebenenfalls zusammen mit Füllstoffen oder sonstigen Hilfsstoffen, in ein keramisches und/oder organisches Bindemittel eingebettet ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass:
 - synthetische, anorganische und/oder organische Rohstoffe mit einer Korngröße im nanoskaligen Bereich mit d_{50} -Werten von 5 bis 300 nm und/oder submikronen Bereich mit d_{50} -Werten von 300 bis 600 nm zusammen mit natürlichen Rohstoffen, deren mittlere Korngröße sowohl im nanoskaligen und/oder submikronen als auch im μ m-Bereich mit d_{50} -Werten von 1 bis 900 μ m liegen kann, zu einer Bindungsmischung aufbereitet werden;
 - daraus zusammen mit Schleifkörnern sowie Füllstoffen und/oder sonstigen Hilfsstoffen, gegebenenfalls zusammen mit Bindungsbestandteilen oder sonstigen Zuschlagstoffen mit höheren Korngrößen als die Bindungsmischung, ein Grundkörper geformt wird; und
 - daraus durch Sinterung oder Härtung ein Schleifkörper mit im Wesentlichen röntgenamorpher bzw. vernetzter Bindung erzeugt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der d_{50} der synthetischen Rohstoffe mit Korngrößen im nanoskaligen Bereich zwischen 50 und 300 nm, vorzugswei-

se zwischen 100 und 200 nm, liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Partikel mit Korngrößen im nanoskaligen Bereich eine spezifische Oberfläche von $> 10 \text{ m}^2/\text{g}$ und die Partikel mit Korngrößen im submikronen Bereich eine spezifische Oberfläche zwischen 7 und $10 \text{ m}^2/\text{g}$ aufweisen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Rohstoffe zur Gänze keramische Materialien eingesetzt werden und der Schleifkörper durch Sinterung des Grünkörpers hergestellt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Grünkörper bei Sintertemperaturen zwischen 600 und $1.300 \text{ }^\circ\text{C}$, vorzugsweise zwischen 750 und $950 \text{ }^\circ\text{C}$, gebrannt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Sinterprozess nach einer Zeitspanne von 48 bis 408 Stunden, vorzugsweise 72 bis 144 Stunden, abgeschlossen ist.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Bindungsmischung teilweise oder zur Gänze aus Präkursoren besteht oder solche beinhaltet.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Zuschlagstoffe kristalline Primärpartikel homogen zugemischt werden, die im gebrannten Schleifkörper weiterhin als solche bestehen bleiben.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Zuschlagstoffe Cermets zugesetzt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Rohstoffe zumindest teilweise organische Rohstoffe eingesetzt werden und der Schleifkörper durch Härtung des Grünkörpers gebildet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Härtung bei Temperaturen zwischen 100 und $500 \text{ }^\circ\text{C}$, vorzugsweise zwischen 120 und $220 \text{ }^\circ\text{C}$, durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Härtung nach einer Zeitspanne von 24 bis 120 Stunden, vorzugsweise 36 bis 72 Stunden, abgeschlossen ist.
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Schleifkörper mittels Heißpressen gefertigt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Schleifkörper mit einer Bindungsmischung, deren Rohstoffe zur Gänze aus keramischen Materialien bestehen, bei Temperaturen unter $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, vorzugsweise zwischen 750 und $950 \text{ }^\circ\text{C}$, verpresst und gesintert wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Schleifkörper mit einer Bindungsmischung, deren Rohstoffe zumindest zum Teil aus organischen Materialien bestehen, bei Temperaturen zwischen 100 und $500 \text{ }^\circ\text{C}$, vorzugsweise zwischen 120 und $220 \text{ }^\circ\text{C}$, verpresst und ausgehärtet wird.
16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass

als Zuschlagstoffe Füllstoffe und/oder Verstärkungselemente mit einer durchschnittlichen Teilchengröße d_{50} zwischen 500 nm und 50.000 nm zugemischt werden.

5 17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass dem Schleifkörper ein Verstärkungs- bzw. Dämpfungssystem hinzugefügt wird.

10 18. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Verhältnis zwischen Bestandteilen der Bindungsmischung mit Korngrößen im nanoskaligen bzw. submikronen Bereich und Bestandteilen mit Teilchengrößen über 600 nm im Bereich von 0,1 bis 10, vorzugsweise von 1 bis 8, insbesondere von 3 bis 5, liegt.

15 19. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Verhältnis zwischen Bestandteilen der Bindungsmischung mit Korngrößen im nanoskaligen Bereich und solchen im submikronen Korngrößenbereich im Bereich von 0,5 bis 5, vorzugsweise von 1 bis 4, insbesondere von 2 bis 3, liegt.

Keine Zeichnung

20

25

30

35

40

45

50

55