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

(10) **DE 698 10 816 T2** 2004.01.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 051 282 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 10 816.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/20215**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 950 716.5**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/038648**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.09.1998**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **05.08.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.11.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **15.01.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.01.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B24B 1/00**
B24D 5/04

(30) Unionspriorität:
16823 **30.01.1998** **US**

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

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

(74) Vertreter:
Zimmermann & Partner, 80331 München

(72) Erfinder:
WU, Mianxue, Worcester, US; CARMAN, A., Lee, Worcester, US; ASPENSJÖ, Lars, D-53125 Bonn, DE

(54) Bezeichnung: **HOCHGESCHWINDIGKEITS-UMFANGSSCHLEIFEN**

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

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

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft Schleifscheiben zur Verwendung bei hoher Oberflächen-Betriebsgeschwindigkeit. Insbesondere betrifft die Erfindung eine auf herkömmliche Art aus Schleifsegmenten bestehende Schleifscheibe, die bei hohen Geschwindigkeiten betrieben werden kann, um eine Schleifleistung zu erreichen, die an die von Hochleistungsschleifmittel-Schleifscheiben heranreicht.

[0002] Schleifwerkzeuge, insbesondere Schleifscheiben, weisen eine erhebliche kommerzielle Anwendbarkeit für solche Vorgänge wie das Schneiden, Formen und Polieren von industriellen Materialien auf. Diese Scheiben umfassen im Allgemeinen Schleifkorn, das mittels eines Bindungsmaterial in einer Scheibenstruktur zusammengehalten wird. Üblicherweise nimmt eine Mittelbohrungen durch die Scheibe eine Motor betriebene Welle auf, die es der Scheibe erlaubt zu rotieren, wobei die Schleifoberfläche in Betriebskontakt mit dem Werkstück ist.

[0003] Selbstverständlich ist das Schleifmaterial ein wichtiger Parameter, der die Leistungsfähigkeit eines Schleifwerkzeugs bestimmt. Heutzutage kennt der Stand der Technik zumindest zwei breite Kategorien von industriellen Kornmaterialien, nämlich „Hochleistungsschleifmittel" und „konventionelle Schleifmittel". Erstere sind ultra-harte Materialien, welche die härtesten und daher am schwierigsten zu schneidenden Werkstücke abschleifen können. Die bekanntesten Hochleistungsschleifmittel sind Diamant und kubisches Bornitrid („CBN"). Herkömmliche Schleifmittel sind Schleifmittel, die nicht so hart sind wie die Hochleistungsschleifmittel, und daher breiten Einsatz. in einer Vielzahl von normalerweise weniger anspruchsvollen Schleifanwendungen finden.

[0004] Der Aufbau konventioneller Schleifmittel-Schleifscheiben hat sich anders entwickelt, als der von Hochleistungsschleifscheiben. Herkömmliche Schleifscheiben sind im Allgemeinen durch einen einzelnen Bereich von in einer Bindung eingebetteten Schleifkorn charakterisiert. Das heißt, dass der Schleifbereich sich von der Bohrungen nach außen zu der Peripherie der Scheibe erstreckt. Im Gegensatz dazu enthalten Hochleistungsschleifscheiben üblicherweise einen Kern, oftmals aus Metall, der sich von der Bohrungen nach außen zu einer Schneidoberfläche erstreckt. Das Hochleistungsschleifmittel ist am Umfang der Schneidoberfläche befestigt, entweder als eine einzelne Lage, die an den Metallkern gebunden ist, oder als ein mehrlagiger, kontinuierlicher oder segmentierter, in einer Bindung eingebetteter Rand aus Korn, der aber geringe Tiefe aufweist. Der Rand, egal ob kontinuierlich oder segmentiert, ist an dem Metallkern befestigt. Der Metallkern stellte häufig den Hauptanteil des durch die Schleifscheibe eingenommenen festen Volumens dar und macht es daher unnötig die Scheibe von der Bohrungen bis zur Peripherie mit Hochleistungsschleifkorn und Bindung zu füllen. Im Ergebnis vermindert der Kern die Kosten eines Hochleistungsschleifwerkzeugs dadurch wesentlich, dass das Schleifkorn nur an der Schneidoberfläche platziert wird.

[0005] Unter der Voraussetzung, dass alle Variablen beim Betrieb die Gleichen sind, zeigen Hochleistungsschleifmittel in einer vorgegebenen Schleifanwendungen üblicherweise bessere Ergebnisse als konventionelle Schleifmittel. Das heißt, Leistungsparameter wie die Abtragungsgeschwindigkeit, Lebensdauer, d. h. Werkstück-Abtragungsvolumen pro entfernter Einheit Schleifmittel, benötigte Kraft um das Werkzeug in das Werkstück zu drücken, und notwendige Arbeit, um ein Werkstück mit vorgegebener Härte zu schneiden, sind üblicherweise für Hochleistungsschleifmittel besser als für konventionelle Schleifmittel. Somit ist es theoretisch wünschenswert generell Hochleistungsschleifwerkzeuge einzusetzen. Unglücklicherweise sind üblicherweise die Kosten. der Hochleistungsschleifmittel um vielfache Größenordnungen höher als die der herkömmlichen Schleifmittel. Als Folge dessen werden Werkzeuge aus Hochleistungs-Schleifkorn nur für solche Arbeiten ausgewählt, in denen das Material des Werkstücks schwierig für herkömmliche Schleifmittel ist und für Arbeiten, die eine sehr hohe Leistung erfordern.

[0006] Zusätzlich zu den hohen Kosten haben Hochleistungsschleifscheiben gewisse andere unerwünschte Eigenschaften. Wesentlich unter diesen ist, dass die Schleifscheibe aufgrund der dem Hochleistungsschleifmittel eigenen Ultra-Härte sehr schwierig zu richten sind. Dies beeinflusst die Herstellung der Schleifscheiben und deren Verwendung auf mehrere Arten. Beispielsweise muss bei der Schleifscheibenherstellung das vollständig zusammengebaute Werkzeug abgerichtet werden, um die Schneidoberfläche präzise innerhalb der Entwurfstoleranzen zu formen. Im Betrieb muss die Scheibe periodisch gerichtet werden, um die abgestumpften Schneidoberflächen zu erneuern. Das Abrichten und das Richten der normalerweise so durchgeführt, das die Scheibe gegen ein anderes präzise geformtes Schleifmaterial laufen gelassen wird. Diese Arbeitsgänge sind langsam und schwer, weil die Härte des Hochleistungsschleifmittels der des geformten Materials ebenbürtig ist. Es ist ebenfalls schwierig Hochleistungsschleifwerkzeuge mit kompliziert konturierten Schneidoberflächen herzustellen, da Werkzeuge, die zum Abrichten und Richten solcher konturierter Werkzeuge nötig wären, nicht allgemein zur Verfügung stehen.

[0007] Es ist daher sehr wünschenswert von einer herkömmlichen Schleifscheibe eine Schleifleistung zu erhalten, die an die Schleifleistung einer Hochleistungsschleifscheiben in geeigneten Anwendungen, d. h. für das Schneiden eines Werkstücks innerhalb des Härtebereichs, in dem herkömmliche Schleifmittel zum Einsatz kommen, heranreicht. Es wurde entdeckt, dass solche „nahezu-Hochleistungsschleifmittel-Leistung" durch

das Betreiben herkömmlicher Schleifscheiben im Ultra-Hochgeschwindigkeitsmodus erreicht werden kann. Das heißt, dass die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit des konventionellen Schleifsegmenten bezogen auf das Werkstück zumindest etwa 125 m/s betragen sollte. Die bei dem Betreiben bei solchen Ultra-Hochgeschwindigkeiten auftretende Belastung verursacht, dass viele Schleifscheiben, insbesondere traditionelle, herkömmliche Schleifscheiben, reißen und zerfallen. Somit es wichtig, dass die herkömmlichen Schleifscheiben, die gemäß der vorliegenden Erfindung betrieben werden, derart hergestellt werden, dass sie minimale Kern-Festigkeits-Parameter und Rand-Festigkeits-Parameter, wie sie nachfolgend im Detail beschrieben werden, aufweisen.

[0008] Dementsprechend wird nun durch die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Schleifen eines harten Materials bereitgestellt, umfassend:

Bereitstellen eines Schleifwerkzeugs, dass im Wesentlichen aus

einem Kern mit einem Kern-Festigkeits-Parameter von mindestens 60 MPa-cm^3/g, einem an dem Umfang des Kerns angebrachten Schleifsegmenten, wobei das Schleifsegment konventionelle, in einer Bindung eingelassene Schleifkörner umfasst, und wobei das Schleifsegment einen Rand-Festigkeits-Parameter von mindestens 10 MPa-cm^3/g hat, und

einem Zement zwischen dem Schleifsegmenten und dem Kern,

Bewegen des Schleifsegments mit einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von mindestens 125 m/s im Kontakt mit dem Werkstück.

[0009] Weiterhin wird ein Verfahren zum Herstellen eines Schleifwerkzeugs, dass ein Schleifsegment, umfassend ein konventionelles Schleifmittel und eine glasartige Bindung, aufweist, bereitgestellt, in dem das Schleifwerkzeug so angepasst ist, um ein Werkstück mit einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von mindestens 125 m/s zu bearbeiten.

[0010] **Fig.** 1 ist eine perspektivische Ansicht einer segmentierten Schleifscheibe gemäß dieser Erfindung.

[0011] Dieser Erfindung schließt grundlegend die Entdeckung ein, dass Schleifwerkzeuge mit konventionellem Schleifkorn die Schleifleistung von Hochleistungsschleifmittel tragenden Werkzeugen erreichen kann, wenn sie bei ultra-hohen tangentialen Kontaktgeschwindigkeiten betrieben werden. Der Begriff "tangentiale Kontaktgeschwindigkeit" beschreibt das relative Ausmaß der Bewegung zwischen dem Schleifwerkzeug und dem Werkstück in tangentialer Richtung zu dem Schleifvorgang. Beispielsweise würde die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit eines kontinuierlichen Schleifbandsägeblatts, das einen stationären Block eines Werkstücks schneidet, die lineare Geschwindigkeit des Blattes in die Richtung des Schnitts sein. In ähnlicher Weise würde die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit eines Schwingsägenblatts, das in einem ruhenden Block schneidet, die lineare Geschwindigkeit des Blattes in die Richtung der Schwingbewegung sein, wobei bemerkt wird, dass die Geschwindigkeit des Blattes notwendigerweise am Ende jeden Streichs auf Null abbremst und sofort wieder beschleunigt, sobald das Blatt die Richtung umgekehrt. Für eine Schleifscheibe ist die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit die lineare Geschwindigkeit der Schneidoberfläche, die sich üblicherweise an der Peripherie der rotierenden Scheibe befindet. Die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit berücksichtigt die Bewegung des Werkstückes relativ zu dem Schneidblatt. Somit trägt die longitudinale Zuführbewegung der Oberfläche eines Werkstücks an einer feststehenden, rotierenden Schleifscheibe vorbei zu der tangentialen Kontaktgeschwindigkeit bei. Allerdings ist der Beitrag der Werkzeuggeschwindigkeit der bei ultra-hohen Kontaktsgeschwindigkeiten betriebenen Schleifwerkzeugen gemäß der vorliegenden Erfindung im Allgemeinen unverhältnismäßig hoch im Vergleich mit dem Anteil der longitudinalen Bewegung. Normalerweise kann die longitudinale Bewegung vernachlässigt werden. Das heißt, dass die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit einer mit ultra-hohen Rotationsgeschwindigkeiten betriebenen Schleifscheibe in den meisten praktischen Situationen im Ergebnis gleich der rotationsbedingten Oberflächengeschwindigkeit der schneidenden Scheibe ist. Beispielsweise beträgt die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit einer Scheibe mit 30 cm Durchmesser, die mit etwa 9550 U/min rotiert, 150 m/s. Die longitudinale Zuführbewegung eines Werkstücks an dieser Scheibe vorbei beträgt üblicherweise weniger als 1 m/s.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine verbesserte Schleifleistung für konventionelle Schleifmittel bei einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von über etwa 125 m/s erhalten. Bezüglich der Schleifleistung ist die obere Geschwindigkeitsgrenze nicht wesentlich. Allgemein gilt, je höher die Geschwindigkeit, um so besser die erhaltene Schleifleistung. Allerdings werden praktische Erwägungen, wie Berst-Kraft des Werkzeugs und exzessive Wärmeentwicklung, mit zunehmender Geschwindigkeit wesentlich. Auf Basis der durch die derzeit zur Verfügung stehenden Konstruktionsmaterialien gesetzten Grenzen, sollte die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit vorzugsweise in dem Bereich von etwa 150–200 m/s liegen.

[0013] Die neue Methode kann zusätzlich zu den bereits erwähnten Werkzeugtypen auf alle Arten von Schleifwerkzeugen, wie Bohrer und rotierenden Sägeblätter, angewandt werden. Handbetrieb kann im Allgemeinen nicht die ultra-hohe tangentiale Kontaktgeschwindigkeit, welche die verbesserte Schleifleistung erzeugt, aufrechterhalten. Für die meisten praktischen Anwendungen sollte das Werkzeugs und/oder das Werkstück motorbetrieben sein und sollten demgemäß strukturell stark genug sein, um der Belastung einer automatisierten Bearbeitung zu widerstehen. Somit wird in Erwägung gezogen, dass bevorzugte Werkzeuge zur

Ausführung dieser Erfindung ein Schleifsegment aufweisen sollten, das durch einen verstärkten Kern gestützt wird.

[0014] Das Werkzeug sollte stark, haltbar und dimensionsstabil sein, um den potentiell zerstörerischen Kräften, die bei der Bearbeitung bei hoher Geschwindigkeit auftreten, zu widerstehen. Der Kern sollte einen hohen Kern-Festigkeits-Parameter aufweisen, was besonders wichtig für Schleifscheiben ist, die bei sehr hoher Winkelgeschwindigkeit betrieben werden, um eine tangentiale Kontaktgeschwindigkeit von mehr als 125 m/s zu erreichen. Der bevorzugte minimale Kern-Festigkeits-Parameter für den in dieser Erfindung verwendeten Kern sollte etwa 60 MPa-cm^3/g betragen. Der Kern-Festigkeits-Parameter ist definiert als das Verhältnis aus Zugfestigkeit des Kernmaterials geteilt durch die Dichte des Kernmaterials. Die Zugfestigkeit eines Materials ist die kleinste unter Zug einwirkende Kraft, bei der die Dehnung ohne weitere Zunahme der Kraft zunimmt. Beispielsweise hat ANSI 4140 Stahl, der über etwa 240 (Brinell Skala) gehärtete wurde, eine Zugfestigkeit von mehr als 700 MPa. Die Dichte dieses Stahls ist etwa 7,8 g/cm^3 somit ist der Kern-Festigkeits-Parameter größer als etwa 90 MPa-cm^3/g. Auf ähnliche Weise haben bestimmte Aluminiumlegierungen, beispielsweise Al 2024, Al 7075 und Al 7178, die auf Brinell-Härten von über etwa 100 hitzebehandelbar sind, Zugfestigkeit in von mehr als 300 MPa. Solche Aluminiumlegierungen haben niedrige Dichten von etwa 2,7 g/cm^3 und weisen daher einen Kern-Festigkeits-Parameter von mehr als 110 MPa-cm^3/g auf. Titanlegierungen sind ebenfalls zur Verwendung geeignet.

[0015] Das Kernmaterial sollte bei in der Schleifzone erreichten Temperaturen duktil und thermisch stabil, gegenüber chemischen Reaktionen mit beim Schleifen verwendeten Kühl- und Schmiermitteln resistent und gegenüber Abnutzung durch Erosion aufgrund von Bewegung von Schneidabrieb in der Schleifzone resistent sein. Obwohl einige Aluminiumoxide und andere Keramiken mehr als 60 MPa-cm^3/g ergeben, sind sie im Allgemeinen spröde und versagen als Kern beim Schleifen bei hoher Geschwindigkeit strukturell durch Brechen. Somit werden Keramiken nicht als Kern für einen Hochgeschwindigkeits-Schleifwerkzeug empfohlen. Metall, insbesondere gehärtetes, und Stahl mit Werkzeugqualität ist bevorzugt.

[0016] Vorzugsweise ist das Schleifsegment der Schleifscheibe zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung ein segmentierter oder kontinuierlicher Rand, der auf einem Kern angebracht ist. Ein segmentierter Schleifrand ist in **Fig.** 1 gezeigt. Der Kern **2** hat eine Mittelbohrung **3**, um die Scheibe auf einer Welle eines Motorantriebs (nicht gezeigt) anzubringen. Der Schleifrand der Scheibe umfasst konventionelle Schleifkörner **4** , die mit einheitlicher Konzentration in eine Matrix einer Bindung **6** eingebunden sind. Eine Mehrzahl an Schleifsegmenten **8** ergeben den Schleifrand. Obwohl die dargestellte Ausführungsform zehn Segmente zeigt, ist die Anzahl der Segmente nicht entscheidend.

[0017] Allgemein beschrieben weist ein individuelles Schleifsegment eine abgeschnittene, rechteckige Ringform auf, die durch eine Länge, l, eine Breite, w, und eine Tiefe, d, charakterisiert ist. Die Scheibe kann hergestellt werden, indem zuerst individuelle Segmente mit vorab ausgewählter Abmessung geformt werden und dann die vorgeformten Segmente mit einem geeigneten Kleber an den Umfang **9** des Kernes angebracht werden. Ein anderes bevorzugtes Herstellungsverfahren schließt das Formen von Segmentvorläufereinheiten aus einer Mischung aus Schleifkorn und Bindungs-Zusammensetzung um den Kern herum und das Anwenden von Hitze und Druck, um so die Segmente in situ zu bilden und anzubringen, ein.

[0018] Die in **Fig.** 1 gezeigten Ausführungsform einer Schleifscheibe wird als repräsentativ für Schleifscheiben angesehen, die erfolgreich gemäß der vorliegenden Erfindung betrieben werden können, und sollte nicht als einschränkend angesehen werden. Die zahlreichen geometrischen Variationen für segmentierte Schleifscheiben, die als geeignet angesehen werden, umfassen topfförmige Scheiben, Scheiben mit Öffnungen durch den Kern und/oder zwischen aufeinanderfolgenden Segmenten und Scheiben mit Schleifsegmenten, die eine andere Breite aufweisen als der Kern. Öffnungen werden manchmal verwendet, um Wege bereitzustellen, über die Kühlmittel zur Schleifzone geführt werden kann und Schneidabrieb von dieser Zone wegzuführen. Ein breiteres Segment als die Kernbreite wird gelegentlich verwendet, um die Kernstruktur gegenüber Erosion aufgrund von Kontakt mit Schleifstaubmaterial beim radialen Eindringen der Scheibe in das Werkstück zu schützen.

[0019] Eine grundlegende, definierende Eigenschaft jedes Schleifmittels ist, dass das Material des Schleifmittels härter ist als das Material, das geschliffen wird. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung kann das konventionelle Schleifmittel dieser Erfindung jedes Schleifmittel sein, außer einem Hochleistungsschleifmittel, wie es im Bereich der Schleiftechnik verstanden wird. Demgemäß kann das konventionelle Schleifmittel in Abhängigkeit der Härte des Werkstücks in irgendeiner bestimmten Schleifanwendungen eine äußerst breite Vielfalt an Materialien einschließen. Das konventionelle Schleifmittel dieser Erfindung kann somit mäßig harte, üblicherweise anorganische Mineralzusammensetzungen wie Korund, Schmirgel, Flint, Granat, Bimsstein, Aluminiumoxid und Siliziumoxid einschließen und kann sogar sehr harte Metallegierungen wie Carbide des Wolframs, Silizium und Molybdäns umfassen sowie verschiedene Mischungen von mehr als einem dieser Materialien, um nur einige Beispiele zu nennen. Bevorzugte konventionelle Schleifmittel schließen Aluminiumoxid (z. B. Schmelz- oder gesintertes Aluminiumoxid, einschließlich beimpftes und unbeimpftes Sol-Gel-Aluminiumoxid), Siliziumdioxid, Eisenoxid, Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Wolframcarbid, Siliziumcarbid, und Mischungen

aus einigen oder allen der Vorgenannten.

[0020] Sol-Gel-Aluminiumoxid ist ein bevorzugtes konventionelles Schleifkorn zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung. „Sol-Gel-Aluminiumoxid" bedeutet gesintertes Sol-Gel-Aiuminiumoxid, in dem die alpha-Aluminiumoxid-Kristalle eine im Wesentlichen einheitliche Größe aufweisen, die im Allgemeinen einen Durchmesser von weniger als etwa 10 μm, vorzugsweise weniger als 5 μm, und insbesondere bevorzugt weniger als 1 μm. Das hier geeignete Sol-Gel-Aluminiumoxid kann durch ein Verfahren mit Beimpfung oder ein Verfahren ohne Beimpfung hergestellt werden.

[0021] Sol-Gel-Schleifmittel werden herkömmlicherweise hergestellt durch Trocknen eines Sols oder eines Gels eines alpha-Aluminiumoxid-Vorläufermaterial, das üblicherweise, aber nicht notwendigerweise Boehmit ist; Formen des getrockneten Gels in Partikel mit der gewünschten Größe und Form; dann Brennen der Stücke bei einer Temperatur, die ausreicht, um sie in die alpha-Aluminiumoxidform umzuwandeln. Das Aluminiumoxid-Gel kann so gesintert werden, dass die Porosität eingestellt wird, und die Partikel können weiter gebrochen und gesiebt und nach der Größe sortiert werden, um polykristalline Körner aus alpha-Aluminiumoxid-Mikrokristallen zu bilden. Einfache Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Körnern, die geeignet sind in der vorliegenden Erfindung verwendet zu werden, sind beispielsweise in den US-Patenten mit den Nummern 4,314,827, 4,518,397 und 5,132,789 und in der britischen Patentanmeldung Nr. 2,099,012 beschrieben.

[0022] In einer Ausgestaltung eines Sol-Gel-Verfahrens wird der Aluminiumoxid-Vorläufer mit einem Material „beimpft", das die gleiche Kristallstruktur und möglichst ähnliche Kristallgitter-Parameter wie Aluminiumoxid selbst hat. Die Menge an Impfmaterial sollte nicht mehr als 10 Gew.-% des hydratisierten Aluminiumoxids betragen, und normalerweise wird durch Mengen von mehr als 5 Gew.-% kein Vorteil erreicht. Wenn das Impfmaterial ausreichend fein ist (eine Oberfläche von mehr als etwa 60 m^2 per Gramm oder mehr), können vorzugsweise Mengen zwischen von etwa 0,5 bis 10 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 bis 5 Gew.-%, verwendet werden. Das Impfmaterial kann auch in der Form eines Vorläufermaterials, das sich bei einer Temperatur unterhalb der Bildungstemperatur von alpha-Aluminiumoxid in die aktive Impfform umwandelt. Die Funktion des Impfmaterials besteht darin, die Umwandlung in die alpha-Form einheitlich im gesamten Vorläufer bei einer wesentlich geringeren Temperatur ablaufen zu lassen, als der Temperatur, die benötigt wird, wenn kein Impfmaterial anwesend ist. Dieses Verfahren erzeugt eine mikrokristalline Form, in der die einzelnen alpha-Aluminiumoxidkristalle sehr einheitliche Form und vorzugsweise alle einen Durchmesser im Submikronbereich aufweisen. Geeignete Impfmaterialien schließen alpha-Aluminiumoxid selber, aber auch andere Verbindungen wie alpha-Eisen(III)oxid, Chromsuboxid, Nickeltitanat und eine Vielzahl anderer Verbindungen ein, die ausreichend ähnliche Gitterparameter zu denen des Aluminiumoxids aufweisen, um die Erzeugung von alpha-Aluminiumoxid aus einem Vorläufer bei Temperaturen erzeugen zu können, die unterhalb der Temperaturen liegen, bei der die Umwandlung normalerweise ohne eines solchen Impfmaterials stattfindet.

[0023] Beispiele für Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Schleifkorn, das zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet ist, schließen die in US 4,623,364, 4,744,802, 4,788,167, 4,881,971, 4,954,462, 4,964,883, 5,192,339, 5,215,551, 5,219,806 und 5,453,104 beschriebenen Verfahren ein, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0024] Sol-Gel-Aluminiumoxid-Schleifkörner können von vielfältiger Form sein, beispielsweise blockige oder faserartige Körner. Faserartige Körner, die hier gelegentlich als langgezogenen oder als „TG" beschrieben werden, haben ein hohes Aspektverhältnis, dass als der Quotient aus einer charakteristischen langen Abmessung geteilt durch eine wahrnehmbar kleinere, charakteristische kurze Abmessung. Das Aspektverhältnis von faserartigen, beimpften Sol-Gel-Aluminiumoxid-Partikeln in der Mischung beträgt zumindest etwa 3 : 1 und vorzugsweise zumindest etwa 4 : 1. Solche faserartigen beimpften Sol-Gel-Aluminiumoxidkörner sind in den US-Patenten Nr. 5,194,072 und 5,201,916 offenbart. Blockige Sol-Gel-Aluminiumoxidkörner, die hier gelegentlich „SG"-Material bezeichnet werden, sind im Allgemeinen von körnigem Aussehen und haben ein Aspektverhältnis von etwa 1 : 1. Besonders bevorzugt ist die Verwendung eines Schleifkorns, dass eine Mischungen aus blockigen und faserartigen Sol-Gel-Aluminiumoxidkörnern umfasst. In dieser binären Mischungen sind vorzugsweise etwa 40–60 Gew.-% der Partikel Langgezogen und eine ergänzende Menge blockig, und besonders bevorzugt liegen langgezogene und blockige Partikel in etwa gleichen Gewichtsanteilen vor.

[0025] Über viele Modifikationen von gesintertem Sol-Gel-Aluminiumoxid-Schleifkorn wurde berichtet. Alle polykristallinen Schleifkörner innerhalb dieser Klasse sind dadurch definiert, dass das Korn zumindest 60% alpha-Aluminiumkristalle mit einer Dichte von mindestens etwa 95% der theoretischen Dichte, eine Kristallgröße von weniger als etwa 10 μm, und vorzugsweise einheitliche mikrokristalline Kristalle von weniger als 1 μm oder einheitliche Kristalle von etwa 1 bis 5 μm, umfassen und eine Vickers-Härte von mehr als 16 Gpa, vorzugsweise 18 Gpa, bei 500 Gramm aufweisen, sind geeignet zur Verwendung in dieser Erfindung.

[0026] Bei der Herstellung von Sol-Gel-Aluminiumoxidkorn ohne Beimpfung werden häufig Modifikatoren eingesetzt, um die Kristallgröße und andere Materialeigenschaften zu beeinflussen. Typische Modifikatoren können bis zu 15 Gew.-% Spinell, Mullit, Mangandioxid, Titanoxid, Magnesiumoxid, Metalloxide der Seltenerden, Zirkoniumdioxid oder Zirkoniumdioxid-Vorläufer (die in größeren Mengen, beispielsweise etwa 40 Gew.-% oder mehr, zugegeben werden können) enthalten. Der Modifikator ist in dem ursprünglichen Sol enthalten, wie in

den oben genannten US-Patenten Nr. 4,314,827, 5,192,339 und 5,215,551 beschrieben. Weitere Modifikationen beinhalten den Einschluss verschiedener Mengen von Modifikatoren, beispielsweise Yttriumoxid, Oxiden der Seltenerdmetalle sowie Lanthan, Praseodymium, Neodynium, Samarium, Gadolinium, Erbium, Ytterbium, Dysprosium und Cer, Übergangsmetalloxide und Lithiumoxide, wie in den US-Patenten Nr. 5,527,369 und 5,593,468 beschrieben. Diese Modifikatoren sind oft enthalten, um solche Eigenschaften wie Bruchzähigkeit, Härte, Zerreibbarkeit, Bruchmechanik oder Trockenverhalten zu beeinflussen.

[0027] In einem anderen Aspekt dieser Erfindung wird es in Erwägung gezogen, eine Kombination aus Schleifmaterialien zu verwenden, die eine Komponente aus konventionellem Schleifmittel und eine Komponente aus Hochleistungsschleifmittel umfasst. Die Verbesserung der Schleifkapazität durch das Schleifen bei ultra-hoher Geschwindigkeit ist von solch einer Größenordnung, dass ein wesentlicher Anteil an Hochleistungsschleifkorn durch konventionelles Schleifmittel ohne Verlust an Leistungsfähigkeit ersetzt werden kann. Die vorliegende Erfindung stellt somit eine Technik zum Erhalt eines Schleifsegments bereit, dass einen geringeren Anteil (<50%) Hochleistungsschleifmittel aufweist, die Schleifrate und die Lebensdauer des Werkzeugs nahe denen sind, die von Werkzeugen mit 100% Hochleistungsschleifmittel erwartet werden. Vorzugsweise stellt die Komponente aus konventionellem Schleifmittel einen größeren Anteil (>50%) des gesamten Schleifmittels in dem Schleifsegment dar, vorzugsweise zumindest etwa 80% des gesamten Schleifmittels. Das konventionelle Schleifmittel und die Komponente aus Hochleistungsschleifmittel können innerhalb des Schleifsegments einheitlich vermischt werden. Sie können auch in unterschiedliche Bereiche des Schleifsegments getrennt werden, oder Kombinationen aus gemischten und getrennten Bereichen können in einem einzigen Werkzeug vereinigt werden.

[0028] Das Schleifsegment sollte so konstruiert werden, um strukturelle Integrität bereitzustellen, die Bruch oder Zerfall beim Betrieb des Werkzeugs bei ultra-hoher tangentialer Kontaktgeschwindigkeit, d. h. oberhalb 125 m/s, widerstehen kann. Dementsprechend sollte das Schleifsegment einen minimalen Rand-Festigkeits-Parameter aufweisen, der definiert ist als die Zugfestigkeit geteilt durch die Dichte des konventionellen Schleifmittels. Angesichts der Tatsache, dass, bezogen auf das Zentrum der Scheibe, die Belastungen, die auf ein Schleifsegment einer Schleifscheibe an der Peripherie auftreten, reduziert sind, kann der minimale Rand-Festigkeits-Parameter des Schleifsegments zur Verwendung gemäß dieser Erfindung kleiner sein als der Kern-Festigkeits Parameter des Kerns. Der Rand-Festigkeits-Parameter sollte zumindest 10 MPa-cm^3/g betragen.

[0029] Die Zusammensetzung für das Bindungsmaterial kann jede der allgemeinen Typen sein, die in der Technik verwendet werden. Beispielsweise können wirksam Glas- oder glasartige Bindungen, Kunstharz- oder Metallbindungen sowie Hybrid-Bindungsmaterialien wie metallgefüllte Kunstharzbindungsmaterialien und mit Kunstharz imprägnierte, glasartige Bindungen verwendet werden. Eine glasartige Bindung ist bevorzugt.

[0030] Kunstharzbindungen können ebenfalls verwendet werden, selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Bindungen eine ausreichende Festigkeit und Hitzebeständigkeit aufweist. Jedes der wohlbekannten, vernetzten Polymere wie Phenol-Aldehyd, Melamin-Aldehyd, Harnstoff-Aldehyd, Polyester, Polyimid und Epoxy-Polymere können eingesetzt werden. Die Kunstharzbindung kann Füllstoffe wie Kryolith, Eisensulfid, Calciumfluorid, Zinkfluorid, Ammoniumchlorid, Copolymere von Vinylchlorid und Vinylidenchlorid, Polytetraflourethylen, Kaliumfluoroborat, Kaliumsulfat, Zinkchlorid, Kyanit, Mullit, Graphit, Molybdänsulfid und deren Gemische.

[0031] Jede der wohlbekannten glasartigen Bindungen kann verwendet werden. Für konventionelle Schleifscheiben, die Sol-Gel-Aluminiumoxidkorn enthalten, wurde herausgefunden dass es wichtig ist, glasartige Bindungen zu verwenden, die bei relativ geringen Temperaturen gebrannt werden können. Im Zusammenhang mit dem Brennen von glasartigen Bindungen meint Tief-Temperatur-Brennen nicht mehr als etwa 1100°C. Die Brenntemperaturen betragen vorzugsweise weniger als 1000°C. Glasartige Bindungen umfassen im Allgemeinen Schmelz-Metalloxide, so wie Oxide von Silizium, Aluminium, Eisen, Titan, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Lithium, Bor, Mangan und Phosphor, und schließen üblicherweise Mischungen der Oxide dieser Metalle ein. Repräsentative Metalloxide, die in glasartigen Bindungen eingesetzt werden, sind SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, Na_2O, K_2O, Li_2O, B_2O_3, MnO_2 und P_2O_5. Die glasartige Bindung kann durch den Einsatz der Metalloxid-Komponenten in feiner, partikulärer Form bewirkt werden. Wenn eine Vielzahl Metalloxide enthalten sind, sollten die Partikel bis zur Einheitlichkeit gemischt werden. Ein Vorteil kann sich durch das Herstellen der Fritte aus den rohen Komponenten der Zusammensetzung der glasartigen Bindung, dem Mahlen der Fritte in ein Pulver und Verwendung der Fritte zur Bindung des Schleifkorns ergeben. Eine Fritte kann durch Vorbrennen der rohen Vorläufer der Metalloxid-Komponenten der Zusammensetzung bei einer Temperatur und für eine Zeitdauer, die ausreichend ist, um ein homogenes Glas zu bilden, erhalten werden. Temperaturen im Bereich von etwa 1100°C–1800°C sind typisch.

[0032] Das Schleifsegment der Scheibe kann durch Mischen der feinen Partikel des Schleifmittels und der Komponenten der Zusammensetzung der Bindung, um eine trockene Mischungen zu bilden, geformt werden. Das Mischen wird fortgesetzt, bis eine einheitliche Konzentration an Schleifmittel und Bindung erreicht ist. Als Alternative kann eine nassen Mischung unter Einschluss eines optionalen, flüchtigen, flüssigen Bindemittels zusammen mit den trockenen Partikeln gebildet werden. Der Begriff „flüchtig" bedeutet, dass das flüssige Bin-

demittel die Mischung verlässt, wenn die Bindungen, wie nachfolgend erklärt, durch Härten gebildet wird. Das Bindemittel ist typischerweise eine mittel bis hoch-siedende, organische Flüssigkeit, die zur Mischungen mit den Komponenten aus trockenen Partikeln unter Bildung einer viskosen Paste befähigt ist. Die Flüssigkeit erleichtert die Herstellung einer einheitlichen Bindung und Schleifnetzwerks und hilft weiterhin, die Bindung und die Schleifzusammensetzung während des Segmentbildungsverfahrens zu verteilen. Beispiele für flüchtige, flüssige Bindemittelmaterialien, die geeignet zur Verwendung in dieser Erfindung sind, schließen Wasser, tierischen Leim, aliphatische Alkohole, Glykole, oligomere Glykole, Ether und Ester von solchen Glykolen und oligomeren Glykolen und wachsartige oder hochmolekulargewichtige Erdölfraktionen, wie Mineralöl und Pertrolat, ein.

[0033] Repräsentative Alkohole schließen Isopropanol und n-Butanol ein. Repräsentative Glykole und oligomere Glykole schließen Ethylenglykol, Propylenglykol, 1,4-Butandiol, Diethylenglykol und Diethylenglykolmonobutylether ein.

[0034] Porositätsbildner und andere Additive können optional zu der Schleifmittelsegmentmischung zugegeben werden. Repräsentative Porositätsbildner und andere Additive schließen hohle keramische Kügelchen (z. B. blasenförmiges Aluminiumoxid) und Partikel aus Graphit, Silber, Nickel, Kupfer, Kaliumsulfat, Kryolit, Kyanit, hohle Glaskügelchen, gemahlene Walnußschalen, Kügelchen aus Plastikmaterial oder organischen Verbindungen (z. B. Polytetrafluorethylen) und geschäumte Glaspartikel. Porositätsbildner sind besonders nützlich in Zusammensetzungen für glasartige Bindungen und etwa 30–60 Vol.-% an Porositätsbildner ist bevorzugt. Ein bevorzugtes Schleifsegment mit glasartige Bindung hat die Zusammensetzung aus etwa 26 Vol.-% blockigen Sol-Gel-Aluminiumoxidpartikeln, etwa 26 Vol.-% langgezogenen Sol-Gel-Aluminiumoxid-Filamentpartikeln, etwa 10–13 Vol.-% einer Mischung aus Schmelz-Metalloxiden und einer wirksamen Menge von Porositätsbildnern, um etwa 35–38 Vol.-% Porosität zu ergeben. Eine poröse Struktur mit offenen Zellen ist bevorzugt.

[0035] Die Mischung kann bei niedriger Temperatur und hohem Druck in einer vorausgewählten Form kalt-kompaktiert werden, um einen „grünen" Segmentvorläufer zu bilden. Der Begriff „grün" meint hier, dass die Materialien eine Festigkeit haben, um die Form während der nächsten, folgenden Verfahrenszwischenschritten beizubehalten, aber keine ausreichende Festigkeit aufweisen, um die Form permanent beizubehalten. Die grünen Vorläufer können auf einer Vielzahl von Wegen gehärtet werden, um die volle Festigkeit und endgültige Form zu erhalten. Das Härtungsverfahren und dessen Betriebsbedingungen hängen von der Art des verwendeten Bindungsmaterials ab. Beispielsweise können Kunstharzbindungen durch chemische Reaktionen in der Gegenwart chemischer Katalysatoren, zusätzlicher Reaktanden, Strahlung und Ähnlichem gehärtete werden. Glasartig und metallisch gebundene Segmente werden oft durch Brennen bei erhöhter Temperatur und der Kompression des Vorläufers gebildet. Die Komponenten der Zusammensetzung der glasartigen Bindungen oder Metallbindungen schmelzen bei hohen Temperaturen und werden dann abgekühlt, um die Schleifpartikel in einer starken, starren, einheitlichen Matrix zu umklammern.

[0036] Nachdem die Schleifsegmente hergestellt wurden, können sie durch verschiedene bekannte Verfahren wie Hartlöten, Laserschweißen, mechanische Befestigung oder Kleben mit einem Kleber oder einem Zement an den Kern angebracht werden. Besonderer Vorzug wird dem Zementieren der Schleifsegmente an den Kern eingeräumt. Natürlich sollte der Kleber sehr stark sein, um der destruktiven Kraft, die wahrscheinlich während des Betriebs auftritt, insbesondere in Drehwerkzeugen wie Schleifscheiben, standzuhalten. Zweikomponenten-Epoxidharz- und „Härter"-Zement ist bevorzugt.

[0037] Dieser Erfindung wird nun anhand von Beispielen von bestimmten repräsentativen Ausführungsformen der Erfindung erläutert, wobei alle Anteile, Proportionen und Prozentangaben Gewichtsangaben sind, sofern nicht anders angezeigt. Alle Gewichtseinheiten und Maße die nicht ursprünglich in SI-Einheiten erhalten wurden, wurden in SI-Einheiten konvertiert.

Beispiel 1

[0038] Eine 1693 Gramm Schleifkornmischung aus 50% SG-Korn und 50% TG-Korn, jedes mit einer Korngröße von 125 µm (US Nr. 120 Sieb), die von der Norton Company, Worcester, MA erhalten wurden, wurden in einem motorbetriebenen Mischer für 5–10 Minuten mit 2 10 Gramm einer Mischung aus Komponenten einer glasartigen Bindungen gemischt. Die Bindung ist in US-A-5,401,284 beschrieben und sie enthält einen Hauptanteil aus SiO_2 und einen kleineren Anteil aus jeweils Al_2O_3, K_2O, Na_2O, Li_2O und B_2O_3. Tierischer Kleber und Wasser in einer Menge von 48 Gramm waren in der Zusammensetzung enthalten, um eine benetzte Pulvermischung mit einheitlicher Konzentration zu ergeben. Die Mischung wurde in Formen gegeben, um gekrümmte Segmente des in **Fig.** 1 gezeigten Typs zu ergeben. Die Abmessungen der Segmente waren 25 Millimeter Länge, 10 mm Breite und 10 mm Tiefe. Die Formen wurden bei 7–14 MPa für etwa 20–30 Sekunden kaltgepresst, um „grüne" Segmentvorläufer herzustellen. Die Vorläufer wurden in einem Heißluftofen bei 1000°C für 8 Stunden gebrannt, um die fertiggestellten Segmente zu erhalten. Nach dem Brennen war die Krümmung der Segmente wohldefiniert und es wurde keine Absenkung festgestellt.

[0039] 25 Segmente wurden um den vollständigen Umfang von jeweils drei zirkulären, Hochfestig-

keits-Schleifscheibenkernen aus niederlegierendem Stahl mit einem Durchmesser von 38,0 cm, um Schleifscheiben mit einem nominalen Durchmesser von 40 cm zu ergeben. Die Mittelbohrung dieser Schleifscheiben betrug 12,7 cm. Der Rand des Stahlkerns wurde sandgestrahlt um einen Rauhigkeitsgrad vor der Anbringung der Segmente zu erhalten. Technodyne® HT-18 (Taoka Chemicals, Japan) Epoxidharz und sein modifizierter Amin-Härter wurden durch Mischen per Hand in einem Verhältnis von 100 Teilen Harz zu 19 Teilen Härter zubereitet. Ein Füllmittel aus fein gepulvertem Siliziumoxid wurde in einem Verhältnis von 3,5 Teilen pro 100 Teilen Harz zugegeben, um die Viskosität zu erhöhen. Der verdickte Epoxid-Zement wurde dann auf die Enden und Böden der Segmente aufgebracht, die im Wesentlichen wie in **Fig.** 1 gezeigt auf dem Kern positioniert wurden. Das Aufrauhen des Kerns verbesserte die wirksame Phasengrenzfläche für die Haftung des Epoxids. Der Epoxid-Zement wurde für 24 Stunden bei Raumtemperatur und nachfolgend für 48 Stunden bei 60°C Härten gelassen. Da die Viskosität erhöht wurde, war der Ablauf des Epoxids während des Härtens minimiert.

[0040] Berst-Geschwindigkeits-Tests wurden durch Spin-Tests bei Beschleunigungen von 45 U/min pro s durchgeführt. Obwohl die Tiefe des Schleifsegments etwa 2–3 mal so groß war wie bei einem typischen Hochleistungsschleifrad, zeigten die Test-Schleifscheiben eine Berst-Bewertung äquivalent zu 271, 275 und 280 m/s tangentialer Kontaktgeschwindigkeit. Somit würde sich die Test-Schleifscheibe für den Betrieb bei jeweils 200 m/s und 180 m/s tangentialer Kontaktgeschwindigkeit unter zur Zeit anzuwendenden Sicherheitsstandards in Europa und den Vereinigten Staaten eignen.

Beispiel 2

[0041] Drei Schleifscheiben wurden wie in Beispiel 1 hergestellt, außer dass der Kern an Stelle von Stahl aus ANSI 7178 Aluminiumlegierung war. Die Berst-Geschwindigkeiten betrugen 306, 311 und 311 m/s.

Beispiel 3

[0042] Eine Schleifscheibe wurde wie in Beispiel 2 hergestellt, außer dass Redux® 420 Epoxid und Härter (Ciba-Geigy Polymer Division, Frankreich) verwendet wurde. Der Kleber wurde für 4 h bei 60°C gehärtet. Die Berst-Geschwindigkeit betrug 346 m/s.

Beispiel 4

[0043] Eine Schleifscheibe wurde wie in Beispiel 1 hergestellt, außer dass die Tiefe der Schleifsegmente auf 25 mm erhöht wurde. Die Geschwindigkeit beim Bersten wurde im Bereich von 246–264 m/s gemessen, was eine Eignung zum Betrieb bei einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von jeweils bis zu 180 m/s und bis zu 160 m/s in Europa und den Vereinigten Staaten entspricht.

Beispiele 5–19

[0044] Die experimentellen Schleifscheiben 5–19 (400 mm Durchmesser, 10 mm Dicke bei 127 mm Bohrungen), jede mit 25 Schleifsegmenten mit 10 mm Tiefe, wurden im Wesentlichen wie im Beispiel 1 beschrieben hergestellt. Die Art des in jeder Schleifscheibe verwendeten Schleifkorns ist in Tabelle I gezeigt. Das CBN-Korn hatte eine Korngröße von 250 µm. Die in den Beispielen 5, 7, 12–17 und 19 verwendeten konventionellen Schleifkörner hatten eine Korngröße von 250 µm (SG) oder eine Korngröße von 180 µm (TG). All das andere in diesen Beispielen verwendete konventionelle Korn hatte eine Korngröße von 125 µm. Das Schleifkorn stellte etwa 52% des Volumens des Schleifsegments dar. Jede Schleifscheibe wurde bei Rotationsgeschwindigkeiten entsprechend 230 m/s tangentialer Kontaktgeschwindigkeit eignungsgeprüft, und es wurde weder Segmentbruch oder Nachgeben des Stahlkernes beobachtet.

[0045] Die Schleifscheibe gemäß Beispiel 6 wurde durch Profilschleifen eines 6,4 mm breiten ANSI 52100 oder UNS G52986 tragenden Stahl mit einer Rockwell C-Härte von 60 bis zu einer Tiefe von 5,18 mm getestet. Die Schleifscheibe wurde bei einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von 60 m/s, 90 m/s, 120 m/s und 150 m/s betrieben. Eine Studer CNC S-40 Schleifmaschine mit wässrigem, 60 Gew.-% Öl enthaltenden Kühlmittel wurde verwendet. Die maximale Nennleistung des Studer-Schleifers betrug 9 kW, womit die Schleifscheibe die Maschine bei höherer Geschwindigkeit und höherer Metallabtragsrate nahe an oder über ihre Entwurfs-Leistungsbeschreibung hinaus brachte.

[0046] Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gezeigt. Bei allen Metallabtragsraten zeigte die Schleifscheibe 6 bei 150 m/s verglichen mit 120 m/s einen signifikant verbesserten G-Faktor bei akzeptablem Leistungsverbrauch. Bei den beiden höchsten Metallabtragsraten wurde die Leistung der Schleifscheibe 6 nachteilig durch die Beschränkungen der Schleifmaschine beeinflusst, und für die Schleifscheibe wird eine bessere Leistung auf einer Maschine, die zu einem Betrieb bei einer höheren Rate ausgelegt ist, vorausgesagt. Bei allen Schleifscheiben-Geschwindigkeiten und allen Metallabtragungsraten wurde nur eine geringfügige Änderungen der Ober-

flächengüte beobachtet und die Qualität der Oberflächengüte war akzeptabel. Schleifscheibe 6, die konventionelles Sol-Gel-Aluminiumoxid-Schleifmittel enthielt, wurde während dieses Tests einfach mit einem stationären, einreihigem Richtblatt mit sechs Diamantspitzen gerichtet.

Tabelle 1 Schleifleistung von Schleifscheibe 6

Geschwindigkeit	150 m/s		120 m/s		90 m/s		60 m/s	
Metallabtragungs-rate mm^3/s mm	G-Faktor	Leistung W/mm	G-Faktor	Leistung W/mm	G-Faktor	Leistung W/mm	G-Faktor	Leistung W/mm
3,2	240,1	1140,8	74,5	772,8	88,9	496,8	58,2	346,5
6,4	157,0	1269,6	68,5	858,7	68,1	570,4	54,2	435,5
9,6	136,6	1159,2	54,7	895,5	63,2	619,5	49,9	484,5
12,8	139,3	1288.0	53,8	870,9	61,1	650,1	49,5	548,9
16,0	78,2	1508,8	47,8	950,7	52,8	748,3	48,6	628,7
19,3	n/a*	n/a*	40,2	1030,4	49,8	809,6	47,2	674,7

* Die Schleifmaschine hatte keine ausreichende Leistung, um bei diesen Metallabtragungsraten und Schleifscheibengeschwindigkeiten betrieben zu werden.

[0047] Ein weiterer Schleiftest wurde unter den gleichen Bedingungen durchgeführt (außer, dass eine 3,2 mm Schnittbreite auf dem Werkstück ausgeführt wurde), um die Schleifleistungen der Schleifräder der Beispiele 5–19 vergleichen zu können. In diesem Test wurden kommerziell annehmbare G-Faktoren, Leistungsaufnahmen und Oberflächengüte-Qualitäten für alle Schleifscheiben beobachtet. Ergebnisse sind in Tabelle 2 gezeigt.

[0048] Versuche, eine 3,2 mm Schnittbreite unter diesen Bedingungen bei einer Schleifscheibengeschwindigkeit von 150 m/s unter Verwendung einer kommerziellen CBN-Schleifscheibe mit glasartiger Bindung als Kontrolle führte zum Bruch des Schleifrades. Dies machte es unmöglich, Hochleistungsschleifscheiben direkt mit den Schleifscheiben der vorliegenden Erfindung bei der Geschwindigkeit von 150 m/s zu vergleichen. Diese kommerziellen CBN-Schleifscheiben (die gleiche Form wie die Versuchsschleifscheiben, mit Schleifsegmenten von 5 mm Tiefe, enthaltend 36 Vol.-% CBN-Schleifkorn mit einer Korngröße von 125 µm und 20 Vol.-% Bindung) konnten nur bei einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von 120 m/s getestet werden. Die CBN-Schleifscheibe zeigte eine maximale Metallabtragungsrate bei 122 $mm^3/s \cdot mm$ bei 120 m/s.

[0049] Die Beispiele 5 und 6 enthielten keinen Hochleistungsschleifkorn. Das verwendete Korn war eine Mischung aus konventionellen Schleifkörnern von Sol-Gel-Aluminiumoxid. Diese Schleifscheiben waren fähig, eine maximale Metallabtragungsrate von 148 $mm^3/s \cdot mm$ zu leisten, etwa 21 Prozent mehr als die kommerziellen CBN-Schleifscheiben, die nur bei 120 m/s betrieben werden konnten. Alle Schleifscheiben mit konventionellem Schleifmittel und konventionellem Schleifmittel/CBN konnten leicht mittels eines stationären, einreihigen, Richtblatts mit sechs Diamantspitzen gerichtet werden. Im Gegensatz dazu mussten die kommerziellen CBN-Schleifscheiben mit einem Rotations-Abrichtwerkzeug gerichtet werden. Die Hochleistungsschleifscheiben produzieren eine signifikante Menge an Spänen und verschmierten, was bei den Schleifscheiben mit konventionellen Schleifmitteln nicht beobachtet wurde.

[0050] Die Schwierigkeiten beim Richten von Hochleistungsschleifscheiben die Arbeitsseite der Schleifscheibe zu öffnen und die Abmessung der Schleifscheibe zu korrigieren (Richten der Schleifscheibe, typischerweise vor der ersten Benutzung und, wie benötigt, während des Schleif-Arbeitsvorgangs) sind in der Industrie wohlbekannt und ein ernsthafter Hinderungsgrund Hochleistungsschleifscheiben, insbesondere CBN-Schleifscheiben, zu verwenden, trotz ihrer nachgewiesenen Überlegenheit in vielen Hochgeschwindigkeits-Schleifarbeitsgängen. Keine dieser Schwierigkeiten wurde bei den erfindungsgemäßen Schleifscheiben beobachtet.

[0051] Auf der Grundlage dieser Daten wird für die maximalen Metallabtragungsraten, G-Faktoren und andere Schleifleistungs-Parameter der Schleifscheiben der Endung hochgerechnet, dass sie äquivalent denen von kommerziellen CBN-Schleifscheiben sind, wenn sie bei den höheren Geschwindigkeiten (d. h. zumindest 125 m/s), die für den Betrieb der Schleifscheiben der Erfindung vorgesehen sind, betrieben werden. Obwohl für die CBN-Schleifscheiben, wenn sie bei Geschwindigkeiten von 120 m/s oder weniger betrieben werden, höhere G-Faktoren beobachtet werden als für die Schleifscheiben der Erfindung, erlaubt es . die beobachtete Leichtigkeit, mit der die Schleifscheiben der Erfindung gerichtet werden können, in Kombination mit den signifikanten Einsparungen bei den Kosten des Schleifmittels, kommerziellen Anwendungen, Schleifscheiben zu ver-

wenden, die tiefere Schleifsegmente und mehr Schleifkorn enthalten. Die größere Tiefe der Segmente, die mit den Schleifscheiben der Erfindung möglich ist, wird die beobachteten niedrigeren G-Faktoren bei geringeren Metallabtragungsraten kompensieren, um über die Lebensdauer der beiden Arten von Schleifscheiben hinweg Ergebnisse zu erzielen, die mit Hochleistungsschleifscheiben gleichwertig sind.

[0052] Die Testergebnisse für die Schleifscheiben der Beispiele 7–19 zeigen, dass das erfindungsgemäße Betreiben mit einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von mehr 125 m/s die Möglichkeit eröffnet, Hochleistungsschleifmittel in erheblichem Maße durch das sehr viel kostengünstigere, konventionelle Schleifkorn zu ersetzen oder zu verdünnen und akzeptable Schleifleistungen, um ein Hochleistungsschleifwerkeug zu ersetzen, zu erhalten.

Beispiel 20

[0053] Eine Schleifscheibe enthaltend unbeimpftes Sol-Gel Aluminiumoxid-Schleifkorn (321 Korn, hergestellt durch die 3M Corporation, Minneapolis, MN) wurde auf gleichem Wege hergestellt wie Beispiel 6, außer dass kein TG-Aluminiumoxidkorn verwendet wurde. In einem Schleiftests unter den gleichen Bedingungen, die oben verwendet wurden (Schleifen eines Schnitts mit 3,2 mm Breite in das Werkstück), zeigte die Schleifscheibe mit dem unbeimpften Sol-Gel-Aluminiumoxid eine Schleifleistung, die zumindest gleichwertig der Leistung der Scheiben 6 bei 120 m/s und 150 m/s war, und vorteilhaft im Vergleich mit der kommerziellen CBN-Schleifscheibe bei 120 m/s war.

[0054] Somit ist die Verwendung von unbeimpftem sowie beimpftem, faserartigem, polykristallinem gesintertem Sol-Gel-alpha-Aluminiumoxidkorn zur Verwendung in den Schleifscheiben der Erfindung bevorzugt.

[0055] Obwohl spezielle Formen der Erfindung zur Verdeutlichung in den Zeichnungen und Beispielen ausgesucht wurden, und obwohl die vorangegangene Beschreibung spezielle Begriffe zum Zwecke der Beschreibung dieser Formen der Erfindung verwendet, ist es nicht beabsichtigt, durch diese Beschreibung den Umfang der Erfindung, der in den Ansprüchen definiert ist, einzuschränken.

Tabelle 2 Schleifleistung bei 150 m/sek.

Schleif-Scheibe	Schleifmittel Vol.-% - Typ[1]	Bindung (Vol.-%)	Max. Metall-abtragungs-rate (MAR) (mm^3/smm)	Schleif-leistung (kW)	Durch-schnittlicher G-Faktor (mm^3/mm^3)	Anzahl der Schnitte für G-Faktor	Schleif-Arbeitsgang
Bsp. 5	26-TG 26-SG	10	148	11,5	399	9	Stationäres Diamantblatt /leicht
Bsp.6	26-TG 26-SG	13	148	12	452	9	"

Bsp. 7	26-TG 16-SG 10-CBN	10	148	9	307	9	Stationäres Diamantblatt /OK
Bsp. 8	26-TG 16-SG 10-CBN	10	161	10	332	3	"
Bsp. 9	26-TG 16-SG 10-CBN	13	148	8	228	9	"
Bsp. 10	26-TG 16-SG 10-CBN	13	168	10	457	3	"
Bsp. 11	26-TG 16-SG 10-CBN	13	174	9,7	457	3	"
Bsp. 12	26-TG 16-SG 10-CBN	13	148	9	362	9	"
Bsp. 13	26-TG 16-SG 10-CBN	13	161	9	443	3	"
Bsp. 14	26-TG 16-SG 10-CBN	13	168	11,5	443	3	"
Bsp. 15	26-TG 16-SG 10-CBN	8	148	7,6	166	3	" Bei hoher MAR Eckenzusam -menbruch
Bsp. 16	26-TG 16-SG 10-CBN	8	168	7,6	166	3	"
Bsp. 17	26-TG 16-SG 10-CBN	8	187	9,1	221	3	"
Bsp. 18	26-TG 16-SG 10-CBN	9	103	6,9	443	3	"

Bsp. 19	26-TG 16-SG 10-CBN	9	122	5,8	-	-	"
Kontrolle	36-CBN	20	122	8,2	Scheibe brach	-	Rotations-richtwerk-zeug Bei hoher MAR Ver-schmieren und Spanen der Scheibe

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen eines Werkstücks umfassend:
Bereitstellen eines Schleifwerkzeugs, das im wesentlichen aus
einem Kern mit einem Kern-Festigkeits-Parameter (core strength parameter) von mindestens 60 MPa-cm^3/g;
einem an den Umfang des Kerns angebrachten Schleifsegment, wobei das Schleifsegment konventionelle, in einer Bindung eingelassene Schleifkörner umfasst, und wobei dass Schleifsegment einen Rand-Festigkeits-Parameter (rim strength parameter) von mindestens 10 MPa-cm^3/g hat; und
einem Mittel zur Haftung des Schleifsegments an den Kern besteht; und
Bewegen des Schleifsegments mit einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit (tangential contact Speed) von mindestens 125 m/s im Kontakt mit dem Werkstück.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das konventionelle Schleifmittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Eisenoxid, Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Wolframcarbid, Siliziumcarbid und einem Gemisch aus mindestens zwei dieser Mittel.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das konventionelle Schleifmittel durch einen Sol-Gel-Verfahren hergestelltes polykristallines Alpha-Aluminiumoxid-Korn ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das polykristalline Alpha-Aluminiumoxid-Korn durch einen Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung von Keimbildnern hergestellt ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei ein Teil des polykristallinen Alpha-Aluminiumoxid-Korns die Form länglicher Partikel mit einem Aspektverhältnis von mindestens etwa 3 : 1 hat.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei das polykristalline Alpha-Aluminiumoxid-Korn im Wesentlichen aus gleichen Anteilen von (a) länglichen Partikeln mit einem Aspektverhältnis von mindestens etwa 3 : 1 und (b) blockförmigen Partikeln besteht.

7. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das Schleifsegment weiterhin Hochleistungsschleifkorn in der Bindung enthält und das Hochleistungskorn einen geringeren Anteil der Körner in dem Schleifsegment darstellt.

8. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der Kern aus einem haltbaren Material, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Metall, Metall-Komposite, Metall-Legierungen, technischer Kunststoff, faserverstärkter Kunststoff und Kunststoff-Komposite, sowie deren Gemische, ist.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei das haltbare Material Metall ist.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei das haltbare Material Stahl, Aluminium oder Titan umfasst.

11. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei das Schleifsegment zumindest ein an den Kern zementiertes Schleifsegment enthält.

12. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei das Schleifsegment ein durchgehender Rand ist, der an den Kern

zementiert ist.

13. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei das Schleifsegment durch eine Dicke von mindestens etwa 10 mm definiert wird und wobei das Rad eine Berstgeschwindigkeit (barst speed) von mehr als etwa 270 m/s hat.

14. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei die tangentiale Kontaktgeschwindigkeit etwa 150 m/s bis etwa 200 m/s beträgt.

15. Verfahren gemäß Anspruch 13, wobei das Schleifsegment durch eine Dicke von mindestens etwa 25 mm definiert wird und wobei das Rad eine Mindestberstgeschwindigkeit von mehr als 245 m/s hat.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei die tangentiale Kontaktgeschwindingkeit etwa 150 m/s bis 180 m/s beträgt.

17. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die Bindung eine glasartige Bindung mit einer Brenntemperatur von nicht mehr als 1100°C.

18. Verfahren zur Herstellung eines Schleifkörpers umfassend:
Mischen von Körnern eines konventionellen Schleifmittels mit einer Zusammensetzung für eine glasartige Bindung, um eine einheitliche Mischung zu erhalten;
Formen der Mischung, im einen Vorformling eines Schleifsegments zu formen,
Brennen des Vorformlings für eine Dauer und bei einer Temperatur, die ausreichend ist, um die Schleifkörner in der Bindung mit einem Rand-Festigkeits-Parameter von mindestens 10 MPa-cm^3/g zu fixieren, wodurch ein Schleifsegment erhalten wird; und
Anbringen des Schleifsegments an einen Kern mit einem Kern-Festigkeits-Parameter von mindestens 60 MPa-cm^3/g mit einem Zement, wobei der Zement thermische Stabilität und Haftfestigkeit aufweist um wirksam dem Schleifen eines Werkstückes bei einer tangentialen Kontaktgeschwindigkeit von mehr als 125 m/s widerstehen zu können.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei die Brenntemperatur höchstens 1100°C beträgt.

20. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei das konventionelle Schleifmittel Sol-Gel-Aluminiumoxid-Schleifkorn enthält.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

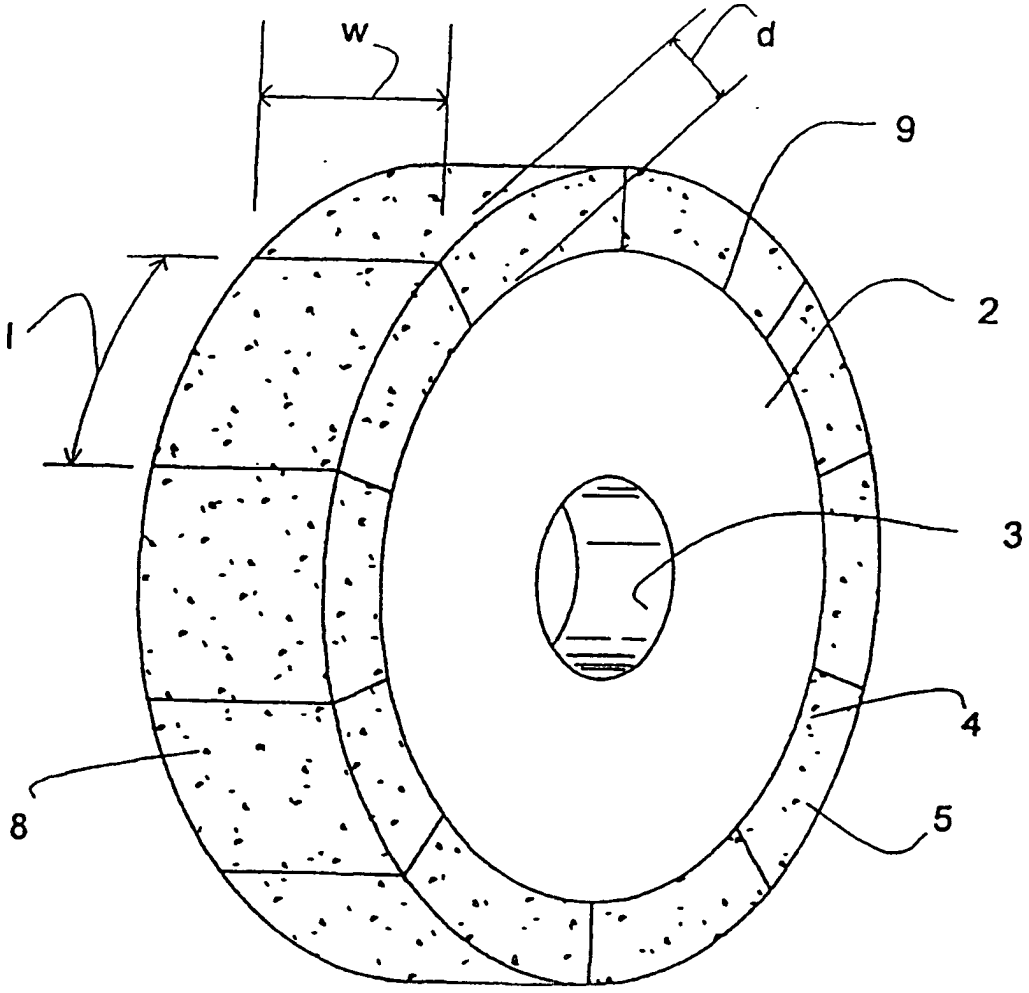

Fig. 1