(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2013 005 573 B3** 2014.07.17

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 005 573.3**
(22) Anmeldetag: **03.04.2013**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **17.07.2014**

(51) Int Cl.: ***B24D 18/00*** (2006.01)
B24D 3/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359, Bremen, DE

(74) Vertreter:
ZACCO Dr. Peters und Partner, 28195, Bremen, DE

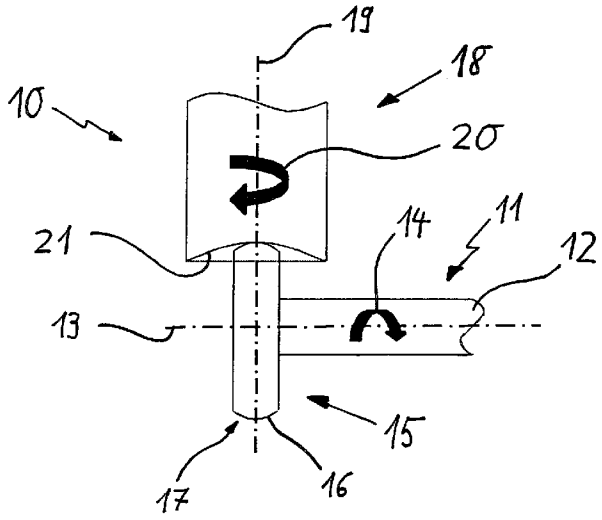
(72) Erfinder:
Preuß, Werner, Dr., 28239, Bremen, DE;
Brinksmeier, Ekkard, Dr.-Ing., 28213, Bremen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2009 041 381**	**A1**
DE	**295 20 993**	**U1**
WO	**2007/ 147 214**	**A1**
JP	**H08- 216 021**	**A**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines Schleifkörpers und ein solcher Schleifkörper**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft unter anderem ein Verfahren zum Herstellen eines Schleifkörpers (15) mit Diamantkörnern (17), bei dem die Diamantkörner (17) mit einer metallenen Reibfläche (21) kontaktiert werden, wobei zum Erzeugen von plateauartigen Kornoberflächen für die Diamantkörner (17) der Schleifkörper (15) und die metallene Reibfläche (21) gleichzeitig in Rotation gesetzt werden. Um auch sphärische Flächen, asphärische Flächen und/oder Freiformflächen mittels duktilem Schleifen herstellen zu können und/oder den Verschleiß des Schleifkörpers zu reduzieren, ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der Schleifkörper (15) um eine Drehachse (13) rotiert wird, wobei die Diamantkörner (17) auf einer koaxial zu der Drehachse (13) angeordneten Umfangsfläche (16) angeordnet sind, und die metallene Reibfläche (21) um eine rechtwinklig zu der Drehachse (13) ausgerichtete Rotationsachse (19) rotiert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Schleifkörpers mit Diamantkörnern, bei dem die Diamantkörner mit einer metallenen Reibfläche kontaktiert werden, wobei zum Erzeugen von plateauartigen Kornoberflächen für die Diamantkörner der Schleifkörper und die metallene Reibfläche gleichzeitig in Rotation gesetzt werden. Weiter betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Herstellen eines Schleifkörpers mit Diamantkörnern, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit einer Rotationsaufnahme zum Befestigen des Schleifkörpers und zum Rotieren des Schleifkörpers um eine Drehachse, und mit einer um eine Rotationsachse rotierbaren metallenen Reibfläche. Schließlich betrifft die Erfindung einen Schleifkörper zum duktilen Schleifen, der um eine Drehachse drehbar ist, mit einer koaxial zu der Drehachse angeordneten Umfangsfläche, wobei auf der Umfangsfläche Diamantkörner angeordnet sind und die Diamantkörner jeweils eine plateauartige Kornoberfläche aufweisen.

[0002] Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind aus der WO 2007/147214 A1 bekannt. Hierbei erhalten die Kornoberflächen der Diamantkörner eine plateauartige Gestalt, wobei sämtliche Kornoberflächen plan und in derselben Ebene angeordnet sind.

[0003] Aus der JP 08216021 A ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Diamantkörner eines Schleifkörpers mit einer metallenen Reibfläche kontaktiert werden. Hierbei sind die Rotationsachsen des Schleifkörpers und der Reibfläche zum Herstellen von planen, plateauartigen Kornoberflächen parallel zueinander angeordnet.

[0004] Aus der DE 295 20 993 U1 ist eine Vorrichtung zum Polieren von sphärischen Linsenoberflächen bekannt. Hierbei ist der Polierkopf um eine Achse schwenkbar, so dass die Rotationsachse des Polierkopfes quer zur Drehachse der Linse anordenbar ist.

[0005] Weiter ist es bekannt, Schleifkörper, insbesondere Schleifscheiben, der eingangs genannten Art herzustellen, wobei mittels eines mechanisch-abrasiven Abrichtverfahrens die Kornoberflächen der Diamantkörner auf der Umfangsfläche des Schleifkörpers derart abgeschliffen werden, dass sämtlicher Kornoberflächen in einer zylindrischen Hüllfläche liegen.

[0006] Nachteilig ist jedoch, dass ein solcher Schleifkörper zum duktilen Schleifen von lediglich planen Flächen geeignet ist. Beim duktilen Schleifen wird eine Werkstückoberfläche aufgrund einer viskoplastischen Scherverformung ohne Sprödbruch und/oder Rissbildung erzeugt. Jedoch ist mit dem vorgenannten Verfahren und der Vorrichtungen kein Schleifkörper realisierbar, mit dem komplexe Flächen, vorzugsweise sphärische Flächen, asphärische Flächen und/oder Freiformflächen, insbesondere mittels duktilen Schleifen, herstellbar sind.

[0007] Weiter ist nachteilig, dass bislang das duktile Schleifen mit feinkörnigen Diamantschleifkörpern mit einer mittleren Korngröße von weniger als 10 µm durchgeführt wird. Aufgrund der geringen mittleren Korngröße verschleißt der Schleifkörper schnell, wodurch eine Bearbeitung größerer Flächen, insbesondere größer 2 cm^2, in einem Arbeitsgang erheblich erschwert oder nicht möglich ist.

[0008] Es ist daher die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, ein Verfahren, eine Vorrichtung und einen Schleifkörper der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass auch komplexe Flächen, wie beispielsweise sphärische Flächen, asphärische Flächen und/oder Freiformflächen, mittels duktilem Schleifen herstellbar sind und/oder der Verschleiß des Schleifkörpers reduziert ist.

[0009] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem der Schleifkörper um eine Drehachse rotiert wird, wobei die Diamantkörner auf einer koaxial zu der Drehachse angeordneten Umfangsfläche angeordnet sind, die metallene Reibfläche um eine quer, insbesondere rechtwinklig, zu der Drehachse ausgerichtete Rotationsachse rotiert wird, und die Drehachse und die Rotationsachse in derselben Ebene angeordnet werden, wobei der Schleifkörper mittig zu der Rotationsachse ausgerichtet wird, und die Kornoberflächen der Diamantkörner dreidimensional konvex gekrümmt werden. Des Weiteren wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst, bei der die Drehachse der Rotationsaufnahme quer, insbesondere rechtwinklig, zu der Rotationsachse der metallenen Reibfläche ausgerichtet ist, und die Drehachse und die Rotationsachse in derselben Ebene angeordnet sind, wobei der Schleifkörper zum dreidimensionalen konvexen Krümmen der Kornoberflächen der Diamantkörner mittig zu der Rotationsachse ausgerichtet ist. Schließlich ist der erfindungsgemäße Schleifkörper der eingangs genannten Art dadurch gekennzeichnet, dass die Kornoberflächen der Diamantkörner eine dreidimensionale konvexe Krümmung aufweisen.

[0010] Hierbei ist von Vorteil, dass ein Schleifkörper bereitstellbar ist, deren Diamantkörner auf einer im Wesentlichen kreisförmigen Umfangsfläche individuell angepasste und/oder gekrümmte bzw. gewölbte Kornoberflächen aufweisen. Insbesondere liegen die Kornoberflächen der Diamantkörner in einer, insbesondere virtuellen, asphärischen, ellipsoiden oder

sphärischen Hüllfläche. Vorzugsweise liegen sämtliche Kornoberflächen der Diamantkörner in einer einzigen, insbesondere virtuellen, mindestens im Wesentlichen sphärischen bzw. kugelförmigen Hüllfläche. Insbesondere liegen der Kornoberflächen in einem ringartigen Ausschnitt einer sphärischen Hüllfläche. Aufgrund der dreidimensional konvex gekrümmten Kornoberflächen und/oder der Sphärizität der Kornoberflächen können mittels eines solchen Schleifkörpers komplexe Flächen, vorzugsweise eine ebene, sphärische, asphärische Fläche und/oder eine Freiformfläche, mittels duktilem Schleifen in optische Gläser, Keramiken und/oder Halbleitermaterialen eingebracht werden. Vorzugsweise sind die Kornoberflächen der Diamantkörper konvex ausgebildet. Somit wölben sich die Kornoberflächen ausgehend von der Drehachse und/oder einem Mittelpunkt des Schleifkörpers nach außen. Vorzugsweise sind die Kornoberflächen in zwei quer zueinander angeordnete Richtungen gekrümmt und/oder gewölbt. Insbesondere sind die Rotationsachse und die Drehachse in derselben Ebene angeordnet.

[0011] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung ist unter einer plateauartigen Kornoberfläche eine mindestens im Wesentlichen flächige und/oder glatte 00000000Oberfläche eines Diamantkorns zu verstehen. Insbesondere ist eine plateauartige Kornoberfläche keine plane Fläche und/oder eine Fläche mit punktuellen Vertiefungen und/oder Erhebungen in der Fläche.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Erzeugen von dreidimensional konvex gekrümmten und/oder gewölbten Kornoberflächen eine metallene Reibfläche mit einer dreidimensional konkav gekrümmten und/oder gewölbten Kontur eingesetzt. Insbesondere ist zum Erzeugen von konvexen sphärischen Kornoberflächen eine Reibfläche mit einer konkaven sphärischen Kontur vorgesehen. Vorzugsweise ist unter einer konvexen sphärischen Kornoberfläche eine plateauartige Kornoberfläche zu verstehen, die sich in Bezug auf die Drehachse radial nach außen wölbt, wobei die Kornoberfläche in einer virtuellen sphärischen Hüllfläche liegt. Somit kann eine dreidimensional konvex gekrümmte und/oder eine konvexe sphärische Kornoberfläche eines Diamantkorns jeweils ein Teil einer sphärischen Hüllfläche sein. Vorzugsweise entspricht die dreidimensional konkav gekrümmte Kontur der metallene Reibfläche zumindest im Wesentlichen der vorgesehenen dreidimensional konvex gekrümmten Kontur für die Kornoberflächen der Diamantkörner. Insbesondere entspricht die dreidimensionale Krümmung der Reibfläche der dreidimensionalen Krümmung der Kornoberflächen. Insbesondere weist die metallene Reibfläche eine konkave, also nach innen gewölbte, sphärische Kontur auf, wobei vorzugsweise die Sphärizität der metallenen Reibfläche im Wesentlichen der Sphärizität der Kornoberflächen der Diamantkörner entspricht.

[0013] Vorzugsweise weist die metallene Reibfläche vor dem Beginn des Herstellungsverfahrens eine ebene bzw. plane Reibfläche auf. Insbesondere ist die Ebene der Reibfläche parallel zur axialen Ausrichtung der Drehachse angeordnet. Vorzugsweise ist die metallene Reibfläche zunächst eben bzw. plan, wenn die Reibfläche in Bezug zum Durchmesser des Schleifkörpers klein ist. Während des Herstellungsverfahrens wird die dreidimensional konkav gekrümmte Kontur und/oder die konkav sphärische Kontur der metallenen Reibfläche ausgebildet. Insbesondere wird im Laufe des Herstellungsverfahrens mittels der Diamantkörner des Schleifkörpers die ebene Reibfläche eines, insbesondere zylinderförmigen, Metallblockes, Stahlblocks oder Stahlzylinders immer weiter abgetragen, wodurch sich die ebene Reibfläche zu einer dreidimensional konkav gekrümmten und/oder einer konkav sphärischen Reibfläche verändert. Hierbei entsteht vorzugsweise eine kugelflächenabschnittförmige Reibfläche. Insbesondere wird die, vorzugsweise sphärische, Kontur der Reibfläche auf die Kornoberfläche der Diamantkörper übertragen. Vorzugsweise entspricht der Radius der sphärischen Kontur der Reibfläche zumindest im Wesentlichen dem Radius des Schleifkörpers von dessen Mittelpunkt auf der Drehachse bis zur Umfangsfläche, insbesondere der Kornoberfläche der Diamantkörner.

[0014] Nach einer weiteren Ausführungsform wird zum Abrichten des Schleifkörpers, insbesondere der Diamantkörner, ein thermo-chemisches Reibpolierverfahren eingesetzt. Hierbei ist unter einem Abrichten das Formen und/oder Schleifen eines Schleifkörpers, insbesondere einer Schleifscheibe oder eines Schleifringes, zu verstehen. Bei dem thermochemischen Reibpolierverfahren wird aufgrund der Reibungshitze und dem Kontakt mit der katalytisch wirkenden metallenen Reibfläche der Kohlenstoff der Diamantkörner an der Kornoberfläche umgewandelt und/oder mechanisch entfernt. Insbesondere oxidiert der Kohlenstoff an der Kornoberfläche und verdampft in Form von Kohlenstoffmonoxid-Gas (CO-Gas) und/oder Kohlenstoffdioxid-Gas (CO_2-Gas). Vorzugsweise erfolgt in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ein thermisch induzierter Diamantverschleiß, der chemischer Natur ist. Insbesondere erfolgt eine Graphitisierung und Amorphisierung der Kornoberfläche in Kombination mit einer Abrasion, Diffusion und Oxidation. Vorzugsweise wird aufgrund einer Beheizung und/oder der Reibung der metallenen Reibfläche an den Diamantkörnern eine Temperatur von mindestens 650 Grad Celsius, insbesondere von mindestens 750 Grad Celsius, im Bereich der Kornoberfläche erzeugt. Die erforderliche Temperatur kann durch eine entsprechende Steuerung der Andruckkraft, des Reibdrucks und/oder der Rotationsgeschwindigkei-

ten der Reibfläche und/oder des Schleifkörpers erreicht werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Heizeinrichtung vorgesehen sein, mit der eine für das thermo-chemische Reibpolierverfahren notwendige Temperatur, insbesondere im Bereich der Kornoberflächen der Diamantkörner, erreicht wird. Bei einem thermo-chemischen Abrichtverfahren ist von Vorteil, dass das Risiko eines Auslösens, Entfernens und/oder Ausbrechens von einzelnen Diamantkörnern aus der Umfangsfläche beim Abrichten erheblich reduzierbar oder vollständig verhinderbar ist. Vorzugsweise ist die metallene Reibfläche aus Stahl ausgebildet.

[0015] Die Herstellung kann in einer normalen Umgebungsatmosphäre durchgeführt werden. Alternativ kann die Herstellung und/oder das Abrichten in einer modifizierten, insbesondere mit Sauerstoff angereicherten, Atmosphäre erfolgen. Hierdurch kann das Abrichten des Schleifkörpers und/oder der Kornoberflächen mittels des thermo-chemischen Abrichtverfahrens beschleunigt werden bzw. die Abtragsrate erhöht werden.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung wird ein Diamantabtrag mittels der Andruckkraft der metallenen Reibfläche auf die Kornoberfläche der Diamantkörner gesteuert. Alternativ oder ergänzend kann der Diamantabtrag im Bereich der Kornoberflächen mittels der Umfangsdrehgeschwindigkeit der Umfangsfläche des Schleifkörpers um die Drehachse gesteuert werden. Insbesondere rotiert der Schleifkörper mit einer höheren Drehzahl als die Reibfläche. Vorzugsweise wird die metallene Reibfläche auf die Kornoberfläche der Diamantkörner mit einer Andruckkraft im Bereich von 10 Newton bis 50 Newton gedrückt. Die Umfangsfläche des Schleifkörpers kann mit einer Umfangsdrehgeschwindigkeit um die Drehachse im Bereich von 10 Meter pro Sekunde bis 30 Meter pro Sekunde rotiert werden.

[0017] Nach einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Drehachse und die Rotationsachse in derselben Ebene angeordnet. Hierdurch ist die Konstruktion der Vorrichtung, insbesondere in Bezug auf von der Reibfläche auf den Schleifkörper und/oder die Rotationsaufnahme übertragene Drehmomente, einfacher realisierbar. Vorzugsweise sind zwei metallene Reibflächen vorgesehen, deren Rotationsachsen in derselben Ebene angeordnet sind. Mittels zweier Reibflächen, die vorzugsweise an voneinander abgewandten Stellen die Diamantkörner bzw. den Schleifkörper kontaktieren, ist in der gleichen Zeit ein höherer Abtrag der Diamantkörner erreichbar als bei einer einzelnen Reibfläche. Hierdurch ist die Zeitdauer für das Herstellen bzw. Abrichten des Schleifkörpers reduzierbar. Zudem ermöglicht das Vorsehen zweier Reibflächen, deren Rotationsachsen in derselben Ebene wie die Drehachse liegen, die Ausbildung einer symmetrisch, insbesondere spiegelsymmetrisch, ausgebildeten Vorrichtung.

[0018] Vorzugsweise ist die Rotationsaufnahme zum Aufnehmen des Schleifkörpers mittig zwischen zwei einander zugewandten metallenen Reibflächen angeordnet. Insbesondere ist die Drehachse auf einer, vorzugsweise virtuellen, Spiegelachse angeordnet, wobei die Vorrichtung ausgehend von der Spiegelachse spiegelsymmetrisch ausgebildet ist. Vorzugsweise ist die Spiegelachse rechtwinklig zu der Rotationsachse ausgebildet. Hierdurch ist die Belastung aufgrund von Kräften und/oder Drehmomenten, die von den Reibflächen auf den Schleifkörper übertragen werden, reduzierbar. Vorzugsweise sind die metallenen Reibflächen um ihre jeweilige Rotationsachse gegensinnig zueinander rotierbar. Während demnach eine erste Reibfläche in eine erste Richtung rotiert, rotiert die zweite Reibfläche in eine von der ersten Richtung abgewandte zweite Richtung. Insbesondere bei einer gleichen Drehzahl der ersten Reibfläche und der zweiten Reibfläche um die Rotationsachse ist hierdurch die Entstehung eines radialen Drehmomentes, das auf den Schleifkörper und/oder auf die Rotationsaufnahme wirkt, vermeidbar. Insbesondere sind die metallenen Reibflächen mit einer gleicher Andruckkraft aufeinander zu bewegbar. Vorzugsweise sind die Reibflächen mit gleicher Andruckkraft auf die Kornoberflächen der Diamantkörner, insbesondere an zwei von einander abgewandt liegenden Stellen des Schleifkörpers, aufeinander zu bewegbar. Vorzugsweise muss der Schleifkörper bzw. die Rotationsaufnahme lediglich das aufgrund der Andruckkraft bzw. der Reibung erzeugte axiale Moment von den Reibflächen auf den Schleifkörper überwinden.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung sind die beiden metallenen Reibflächen jeweils einem Linearschlitten zugeordnet. Aufgrund der Linearschlitten ist eine lineare Bewegung der metallenen Reibflächen in Axialrichtung der Rotationsachse der metallenen Reibflächen realisierbar. Derartige Linearschlitten ermöglichen auf einfache und zuverlässige Weise eine ausgerichtete und geführte Bewegung der Reibflächen. Vorzugsweise sind die beiden Linearschlitten zum Erzeugen einer gleichzeitigen Bewegung der metallenen Reibflächen, insbesondere mit einer gleichen Andruckkraft, aufeinander zu mit einem, insbesondere gemeinsamen, Antrieb gekoppelt. Somit ist eine einziger gemeinsamer Antrieb zum Bewegen der beiden Linearschlitten vorgesehen, wodurch die Realisierung einer gleichzeitigen Bewegung der beiden Linearschlitten und/oder das Übertragen der gleichen Andruckkraft erheblich erleichtert ist. Insbesondere ist den Linearschlitten jeweils ein Rotationsantrieb zum Rotieren der metallenen Reibfläche zugeordnet.

[0020] Nach einer weiteren Ausführungsform hat die metallene Reibfläche zum mindestens teilwei-

sen Aufnehmen der Umfangsfläche des Schleifkörpers eine dreidimensional konkav gekrümmte und/oder konkave sphärische Kontur. Vorzugsweise ist eine dreidimensional konkav gekrümmte und/oder konkav sphärische Reibfläche in Bezug auf die Rotationsachse axial nach innen gewölbt. Insbesondere liegt die Reibfläche in einer virtuellen dreidimensional gekrümmten und/oder sphärischen Hüllfläche. Somit kann eine konkave sphärische Reibfläche ein Teil einer sphärischen Hüllfläche sein. Insbesondere ist die metallene Reibfläche als eine Kugelkalotte ausgebildet. Hierbei ist eine Kugelkalotte ein gekrümmter oder gewölbter Teil der Oberfläche eines Kugelsegments. Vorzugsweise entspricht ein Profilradius der dreidimensional konkav gekrümmten und/oder konkaven sphärischen Kontur der metallenen Reibfläche mindestens im Wesentlichen einem Radius des Schleifkörpers von seiner Drehachse bis zur Umfangsfläche, insbesondere der Kornoberfläche der Diamantkörner.

[0021] Nach einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schleifkörpers ist der Schleifkörper als eine Schleifscheibe oder ein Schleifring ausgebildet. Die Schleifscheibe oder der Schleifring weisen eine kreisförmige Umfangsfläche auf, auf der die Diamantkörner befestigt sind. Insbesondere sind die Kornoberflächen der Diamantkörner um die Drehachse gekrümmt, wobei der Radius ausgehend von der Drehachse bis zur Kornoberfläche der Diamantkörner in Axialrichtung der Drehachse variiert.

[0022] Insbesondere liegen die Kornoberflächen der Diamantkörner mindestens im Wesentlichen in einer, vorzugsweise virtuellen, sphärischen Hüllfläche. Vorzugsweise beträgt eine, insbesondere mittlere, Abweichung der Kornoberflächen von der sphärischen Hüllfläche weniger als 4 µm, insbesondere weniger als 2 µm, besonders bevorzugt weniger als 1 µm. Vorzugsweise haben die Diamantkörner eine Korngröße größer als 90 µm. Insbesondere haben die Diamantkörner eine mittlere Korngröße von 180 µm. Somit weist der Schleifkörper grobkörnige Diamantkörner auf. Derartige grobkörnige Diamantkörner haben den Vorteil, dass diese, insbesondere beim duktilen Schleifen von Flächen, erheblich langsamer verschleißen als feinkörnigere Diamantkörner, beispielsweise mit einer mittleren Größe von weniger als 10 µm. So ist beispielsweise im Vergleich zu Schleifkörpern mit feinkörnigen Diamantkörnern aufgrund der Erfindung die Gefahr von Kornausbrüchen erheblich reduziert. Somit kann nunmehr ein, insbesondere duktiles, Schleifen auch mit Diamantschleifkörpern mit grobkörnigen Diamantkörnern erfolgen. Hierbei sind auch größere Flächen als bisher in einem einzigen Arbeitsgang bearbeitbar. Zudem ist von Vorteil, dass sich, insbesondere beim duktilem Schleifen, Schleifkörper mit grobkörnigen Diamantkörner deutlich weniger oder gar nicht mit abgetragenem Material zusetzen als Schleifkörper mit feinkörnigen Diamantkörnern.

[0023] Somit kann ein Schleifkörper, insbesondere eine Schleifscheibe oder ein Schleifring, bereit gestellt werden, bei dem durch Reibkontakt mit einer vorzugsweise stählernen Reibfläche ein thermo-chemischer Abtrag von Diamant induziert wird, wodurch ein grobkörniger Diamantschleifkörper abrichtbar ist. Vorzugsweise sind hierbei die reibenden stählernen Reibflächen jeweils als eine Kugelkalotte ausgeführt, wobei insbesondere deren Radius mindestens im Wesentlichen dem Radius des Schleifkörpers entspricht. Insbesondere erfolgt der themo-chemische Abrieb der Kornoberflächen der Diamantkörner aufgrund einer langsamen Rotation der stählernen kalottenartigen Reibfläche bei einer hierzu schnelleren Rotation des Schleifkörpers, wobei vorzugsweise die Drehachse des Schleifkörpers und die Rotationsachse der Reibfläche rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind. Somit sind plateauartige abgeflachte Kornoberflächen mit einer sehr geringen Oberflächenrauheit (Sa < 10 nm) herstellbar. Insbesondere liegen die Kornoberflächen in einer eng tolerierten sphärischen Hüllkurve bzw. Hüllfläche (Sphärizität < 1 µm). Vorzugsweise ist ein Schleifkörper innerhalb von etwa 3 Stunden abrichtbar.

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0025] **Fig.** 1 eine schematische Draufsicht des Funktionsprinzips für eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0026] **Fig.** 2 eine schematische Seitenansicht des Funktionsprinzips für die erste erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß **Fig.** 1,

[0027] **Fig.** 3 eine schematische Seitenansicht einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0028] **Fig.** 4 ein schematisches Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes Verfahren.

[0029] **Fig.** 1 zeigt eine schematische Draufsicht des Funktionsprinzips für eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung **10**. Die Vorrichtung **10** hat eine Rotationsaufnahme **11**. Die Rotationsaufnahme **11** hat ein Achselement **12**, die um eine Drehachse **13** rotierbar ist. Hier ist das Rotationselement **11** wie mit dem Pfeil **14** angedeutet um die Drehachse **13** drehbar. An einem freien Ende des Achselementes **12** ist ein Schleifkörper **15** an einer Stirnseite des Achselementes **12** befestigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Schleifkörper **15** als eine Schleifscheibe ausgebildet. Alternativ kann der Schleifkörper **15** als ein Schleifring ausgebildet sein.

[0030] Der Schleifkörper **15** ist mittels der Rotationsaufnahme **11** um die Drehachse **13** gemäß dem Pfeil **14** rotierbar. Alternativ kann das Achselement **12** und/oder der Schleifköper **15** in die gemäß dem Pfeil **14** entgegen gesetzte Richtung rotiert werden. Des Weiteren hat der Schleifköper **15** eine Umfangsfläche **16**, die im Wesentlichen kreisförmig und koaxial zu der Drehachse **13** angeordnet ist. Auf der Umfangsfläche **16** sind Diamantkörner **17** angeordnet.

[0031] Des Weiteren weist die Vorrichtung **10** einen Metallblock **18** auf. Der Metallblock **18** besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus Stahl. Hierbei kann der Metallblock **18** bzw. Stahlblock beispielsweise zylindrisch ausgebildet sein. Weiter ist der Metallblock **18** um eine Rotationsachse **19** rotierbar. Hier ist die Rotationsrichtung beispielhaft mit dem Pfeil **20** angedeutet. Alternativ kann der Metallblock **18** in die gemäß dem Pfeil **20** entgegen gesetzte Richtung rotiert werden. Die Rotationsachse **19** ist rechtwinklig zu der Drehachse **13** ausgerichtet.

[0032] Der Metallblock **18** hat eine metallene Reibfläche **21**, die der Umfangsfläche **16** des Schleifkörpers **15** zugewandt ist. Die metallene Reibfläche **21** ist in Kontakt mit einem Teilbereich der Umfangsfläche **16**, wobei die metallene Reibfläche **21** mit einer vorgegebenen Andruckkraft auf die Umfangsfläche **16** gedrückt wird. Weiter ist der Schleifkörper **15** mittig zu der Rotationsachse **19** ausgerichtet.

[0033] Die metallene Reibfläche **21** weist eine dreidimensional konkav gekrümmte bzw. sphärische Kontur auf. Somit ist die metallene Reibfläche **21** nach innen in den Metallblock **18** hinein gebogen. Der Metallblock **18** hat eine nach innen gewölbte metallene Reibfläche **21**, deren Kontur einem Ausschnitt aus einer Kugelfläche entspricht.

[0034] Aufgrund der Drehung des Metallblocks **18** bzw. der Reibfläche **21** um die Rotationsachse **19** einerseits und die Drehung des Schleifkörpers **15** um die Drehachse **13** andererseits, ist die sphärische Kontur der Reibfläche **21** auf die Kornoberflächen der Diamantkörner **17** auf der Umfangsfläche **16** übertragbar. Somit erhalten die Kornoberflächen der Diamantkörner **17** eine Gestalt, so dass die Kornoberflächen der Diamantkörner **17** in einer sphärischen Hüllfläche liegen, die mindestens im Wesentlichen der sphärischen Kontur der Reibfläche **21** entspricht. Die Kornoberflächen der Diamantkörner **17** weisen somit jeweils eine konvexe Kontur auf, die mindestens im Wesentlichen einem Ausschnitt aus einer Kugelfläche entsprechen.

[0035] **Fig.** 2 ist eine schematische Seitenansicht des Funktionsprinzips für die erste erfindungsgemäße Vorrichtung **10** gemäß **Fig.** 1 zu entnehmen. Hiernach sind einerseits die Drehachse **13** des Schleifkörpers **15** bzw. der Rotationsaufnahme **11** und andererseits die Rotationsachse **19** der Reibfläche **21** bzw. des Metallblocks **18** in derselben Ebene angeordnet. Der Schleifkörper **15** taucht teilweise in den Metallblock **18** ein.

[0036] **Fig.** 3 zeigt eine schematische Seitenansicht einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung **22**. Gleiche Merkmale wie zuvor tragen die gleichen Bezugszeichen. Insoweit wird auch auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen.

[0037] Die Vorrichtung **22** ist bei diesem Ausführungsbeispiel spiegelsymmetrisch ausgebildet und weist einen ersten Metallblock **18.1** und einen zweiten Metallblock **18.2** auf. Die beiden Metallblöcke **18.1** und **18.2** sind mit ihren jeweiligen metallenen Reibflächen **21** einander zugewandt. Mittig zwischen den metallenen Reibflächen **21** ist die Rotationsaufnahme **11** für den Schleifkörper **15** angeordnet.

[0038] Die Metallblöcke **18.1** und **18.2** sind jeweils in einem von der Reibfläche **21** abgewandten Bereich mit einem Rotationsantrieb **23** verbunden. Mittels des Rotationsantriebes **23** sind die Metallblöcke **18.1** und **18.2** bzw. ihre jeweilige Reibfläche **21** in eine Rotation um die Rotationsachse **19** versetzbar. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die beiden Rotationsantriebe **23** derart ausgebildet, dass die Rotationsrichtungen für die beiden Metallblöcke **18.1** und **18.2** gegensinnig sind.

[0039] Der Rotationsantrieb **23** ist jeweils auf einem Linearschlitten **24** befestigt. Die Linearschlitten **23** ermöglichen eine lineare Bewegung der Rotationsantriebe **23** und der Reibflächen **21** in axialer Richtung der Rotationsachse **19**. Die beiden Linearschlitten **23** sind mittels eines Antriebs **25** zum gleichzeitigen aufeinander zu bewegen miteinander verbunden. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die einander zugewandten Seiten der beiden Linearschlitten **23** mittels eines Seils **26** miteinander verbunden. Das Seil **26** ist mittels einer Umlenkeinrichtung **27** hier beispielhaft mit einem Zugzylinder **28** verbunden. Hierzu weist die Umlenkeinrichtung mehrere Umlenkrollen auf.

[0040] Mittels des Zugzylinders **28** ist eine Zugkraft auf das Seil **26** übertragbar, wobei aufgrund der Umlenkeinrichtung **27** die Länge des Seils **26** in axialer Richtung der Rotationsachse **19** zwischen den beiden Linearschlitten **24** verkürzt wird. Hierdurch sind die beiden Linearschlitten **24**, die Rotationsantriebe **23** und Reibflächen **21** der Metallblöcke **18.1** und **18.2** gleichzeitig und mit derselben Kraft aufeinander zu bewegbar.

[0041] **Fig.** 4 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes Verfahren. Nach dem Start des Verfahrens in einem Schritt S10 wird der Schleifkörper **15** gemäß Schritt S11 in eine Rotation um seine Drehachse **13** versetzt. Zuvor, nach-

folgend oder gleichzeitig wird gemäß Schritt S12 die Reibfläche **21** in eine Rotation um ihre Rotationsachse **19** versetzt. Hierbei sind die Rotationsachse **19** und die Drehachse **13** rechtwinklig zueinander und in derselben Ebene angeordnet.

[0042] Nachfolgend wird die rotierende Reibfläche **21** mit der rotierenden Umfangsfläche **16**, genauer den Kornoberflächen der Diamantkörner **17** auf der Umfangsfläche **16**, gemäß Schritt S13 in Kontakt gebracht. Bei einer Vorrichtung **22** wird hierzu mittels des Antriebs **25** bzw. dem Zugzylinder **28** eine Zugkraft auf das Seil **26** in eine Richtung quer zur Axialrichtung der Rotationsachse **19** ausgeübt. Aufgrund der Umlenkeinrichtung **27** wird hierdurch ein Teil des Seils **26** aus einer Ausrichtung axial zur Rotationsachse **19** in eine Ausrichtung quer zur Axialrichtung der Rotationsachse **19** umgelenkt und weg gezogen. Hierdurch wird der axial zur Rotationsachse **19** ausgerichtete Anteil des Seils **26** verkürzt, wodurch die Linearschlitten **24** aufeinander zu bewegt werden, bis die Reibflächen **21** an der Umfangsfläche **16** bzw. den Kornoberflächen der Diamantkörner **17** anliegen. Mittels der Kraft des Antriebes **25** bzw. der Zugkraft des Zugzylinders **28** ist die Andruckkraft der Reibfläche **21** auf die Kornoberflächen der Diamantkörner **17** steuerbar. Aufgrund des gemeinsamen Antriebes **25** für beide Linearschlitten **24** wird dieselbe Andruckkraft auf voneinander abgewandten Seiten des Schleifkörpers **15** auf den Schleifkörper **15** übertragen. Des Weiteren wird aufgrund der spiegelsymmetrischen Anordnung der Reibflächen **21** der beiden Metallblöcke **18.1** und **18.2** der Schleifkörper **15** symmetrisch belastet. Die Entstehung größerer Drehmomente, die mittels einer geeigneten Auslegung der Rotationsaufnahme **11** aufgefangen werden müsste, wird hierdurch vermieden.

[0043] Des Weiteren wird aufgrund der gegensinnigen Rotation der beiden Reibflächen **21** die Entstehung eines radialen Drehmomentes auf den Schleifkörper **15** vermieden. Somit muss die Rotationsaufnahme lediglich das durch die Andruckkraft bzw. die Reibung durch die Reibfläche **21** erzeugte axiale Moment überwinden. Der Schleifkörper **15** rotiert schneller als die Metallblöcke **18.1**, **18.2** bzw. die Reibflächen **21**.

[0044] Aufgrund des Reibkontaktes wird ein thermisch-chemisches Abrichten des Schleifkörpers **15** bzw. der Kornoberflächen der Diamantkörner **17** erreicht. Hierbei werden gemäß Schritt S14 konkav sphärische Kornoberflächen gebildet. Das Verfahren wird gemäß Schritt S15 beendet.

Bezugszeichenliste

10	Vorrichtung
11	Rotationsaufnahme
12	Achselement
13	Drehachse
14	Pfeil
15	Schleifkörper
16	Umfangsfläche
17	Diamantkörner
18	Metallblock
19	Rotationsachse
20	Pfeil
21	Metallene Reibfläche
22	Vorrichtung
23	Rotationsantrieb
24	Linearschlitten
25	Antrieb
26	Seil
27	Umlenkeinrichtung
28	Zugzylinder
S10	Start
S11	Rotieren des Schleifkörpers
S12	Rotieren der Reibfläche
S13	Kontaktieren der Reibfläche mit der Umfangsfläche
S14	Erzeugen von sphärische Kornoberflächen
S15	Ende

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Schleifkörpers (**15**) mit Diamantkörnern (**17**), bei dem die Diamantkörner (**17**) mit einer metallenen Reibfläche (**21**) kontaktiert werden, wobei zum Erzeugen von plateauartigen Kornoberflächen für die Diamantkörner (**17**) der Schleifkörper (**15**) und die metallene Reibfläche (**21**) gleichzeitig in Rotation gesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schleifkörper (**15**) um eine Drehachse (**13**) rotiert wird, wobei die Diamantkörner (**17**) auf einer koaxial zu der Drehachse (**13**) angeordneten Umfangsfläche (**16**) angeordnet sind, die metallene Reibfläche (**21**) um eine quer zu der Drehachse (**13**) ausgerichtete Rotationsachse (**19**) rotiert wird, und die Drehachse (**13**) und die Rotationsachse (**19**) in derselben Ebene angeordnet werden, wobei der Schleifkörper (**15**) mittig zu der Rotationsachse (**19**) ausgerichtet wird, und die Kornoberflächen der Diamantkörner (**17**) dreidimensional konvex gekrümmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass zum Erzeugen von dreidimensional konvex gekrümmten Kornoberflächen eine metallene Reibfläche (**21**) mit einer dreidimensional konkav gekrümmten Kontur eingesetzt wird, vorzugsweise entspricht die dreidimensional konkav gekrümmte Kontur der metallenen Reibfläche (**21**) zumindest im Wesentlichen der für die Kornoberflächen der Diamant-

körner (**17**) vorgesehenen dreidimensional konvex gekrümmten Kontur.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass zum Abrichten der Diamantkörner (**17**) des Schleifkörpers (**15**) ein thermo-chemisches Reibpolierverfahren eingesetzt wird, wobei vorzugsweise aufgrund einer Beheizung und/oder der Reibung der metallenen Reibfläche (**21**) an den Diamantkörnern (**17**) eine Temperatur von mindestens 650 Grad Celsius, insbesondere von mindestens 750 Grad Celsius, auf der Kornoberfläche erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Diamantabtrag mittels der Andruckkraft der metallenen Reibfläche (**21**) auf die Kornoberfläche der Diamantkörner (**17**) und/oder mittels der Umfangsdrehgeschwindigkeit der Umfangsfläche (**16**) des Schleifkörpers (**15**) um die Drehachse (**13**) gesteuert wird, wobei vorzugsweise die metallene Reibfläche (**21**) auf die Kornoberfläche der Diamantkörner (**17**) mit einer Andruckkraft im Bereich von 10 Newton bis 50 Newton gedrückt wird und/oder die Umfangsfläche (**16**) des Schleifkörpers (**15**) mit einer Umfangsdrehgeschwindigkeit um die Drehachse (**13**) im Bereich von 10 Meter pro Sekunde bis 30 Meter pro Sekunde rotiert wird.

5. Vorrichtung zum Herstellen eines Schleifkörpers (**15**) mit Diamantkörnern (**17**) nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Rotationsaufnahme (**11**) zum Befestigen des Schleifkörpers (**15**) und zum Rotieren des Schleifkörpers (**15**) um eine Drehachse (**13**), und mit einer um eine Rotationsachse (**19**) rotierbaren metallenen Reibfläche (**21**), **dadurch gekennzeichnet,** dass die Drehachse (**13**) der Rotationsaufnahme (**11**) quer zu der Rotationsachse (**19**) der metallenen Reibfläche (**21**) ausgerichtet ist, und die Drehachse (**13**) und die Rotationsachse (**19**) in derselben Ebene angeordnet sind, wobei der Schleifkörper (**15**) zum dreidimensionalen konvexen Krümmen der Kornoberflächen der Diamantkörner (**17**) mittig zu der Rotationsachse (**19**) ausgerichtet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass zwei metallene Reibflächen (**21**) vorgesehen sind, deren Rotationsachsen (**19**) in derselben Ebene angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Rotationsaufnahme (**11**) zum Aufnehmen des Schleifkörpers (**15**) mittig zwischen zwei einander zugewandten metallenen Reibflächen (**21**) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die metallenen Reibflächen (**21**) um ihre jeweilige Rotationsachse (**19**) gegensinnig zueinander rotierbar sind und/oder die metallenen Reibflächen (**21**) mit einer gleicher Andruckkraft aufeinander zu, insbesondere auf die Kornoberflächen der Diamantkörner (**17**), bewegbar sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die beiden metallenen Reibflächen (**21**) jeweils einem Linearschlitten (**24**) zugeordnet sind und aufgrund der Linearschlitten (**24**) eine lineare Bewegung der metallenen Reibflächen (**21**) in Axialrichtung der Rotationsachse (**19**) der metallenen Reibflächen (**21**) realisierbar ist, wobei vorzugsweise beide Linearschlitten (**24**) zum Erzeugen einer gleichzeitigen Bewegung der metallenen Reibflächen (**21**), insbesondere mit einer gleichen Andruckkraft, aufeinander zu mit einem, insbesondere gemeinsamen, Antrieb (**25**) gekoppelt sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die metallene Reibfläche (**21**) zum mindestens teilweisen Aufnehmen der Umfangsfläche (**16**) des Schleifkörpers (**15**) eine dreidimensional konkav gekrümmte Kontur hat, wobei vorzugsweise ein Profilradius der dreidimensional konkav gekrümmten Kontur im Wesentlichen einem Radius des Schleifkörpers (**15**) von seiner Drehachse (**13**) bis zur Umfangsfläche (**16**) entspricht.

10. Schleifkörper zum duktilen Schleifen, der um eine Drehachse (**13**) drehbar ist, mit einer koaxial zu der Drehachse (**13**) angeordneten Umfangsfläche (**16**), wobei auf der Umfangsfläche (**16**) Diamantkörner (**17**) angeordnet sind und die Diamantkörner (**17**) jeweils eine plateauartige Kornoberfläche aufweisen, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kornoberflächen der Diamantkörner (**17**) dreidimensional konvex gekrümmt sind.

11. Schleifkörper nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kornoberflächen der Diamantkörner (**17**) mindestens im Wesentlichen in einer sphärischen Hüllfläche liegen, wobei vorzugsweise eine, insbesondere mittlere, Abweichung der Kornoberflächen von der sphärischen Hüllfläche im Bereich von weniger als 4 µm, insbesondere von weniger als 2 µm, besonders bevorzugt von weniger als 1 µm, liegt.

12. Schleifkörper nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schleifkörper (**15**) als eine Schleifscheibe oder ein Schleifring ausgebildet ist und/oder dass die Diamantkörner (**17**) eine Krongröße größer als 90 µm haben, vorzugsweise haben die Diamantkörner (**17**) eine mittlere Korngröße von 180 µm.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

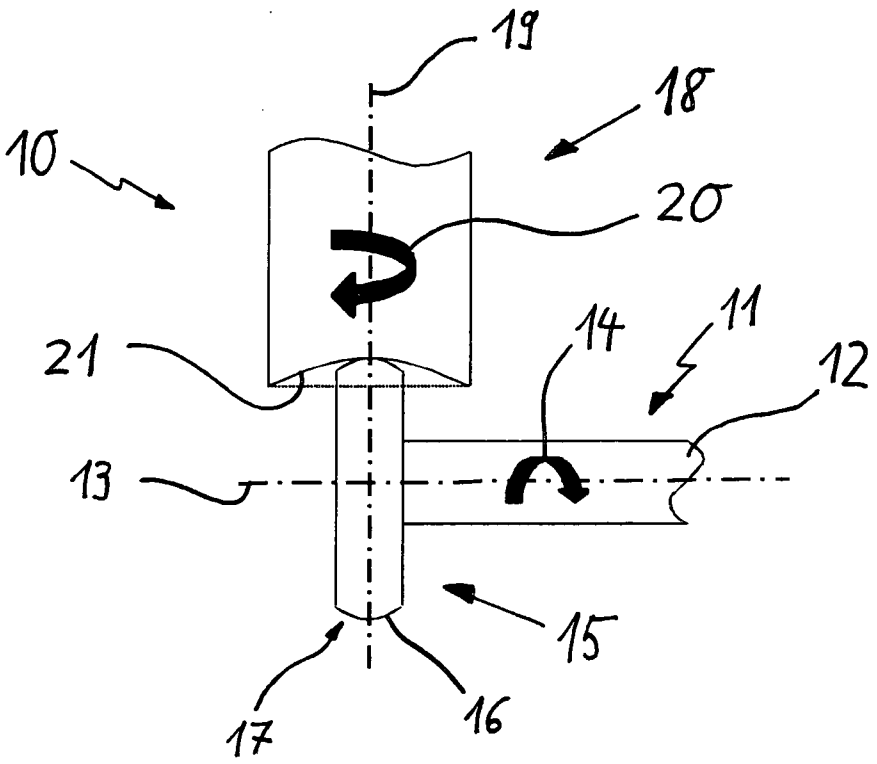


Fig. 1

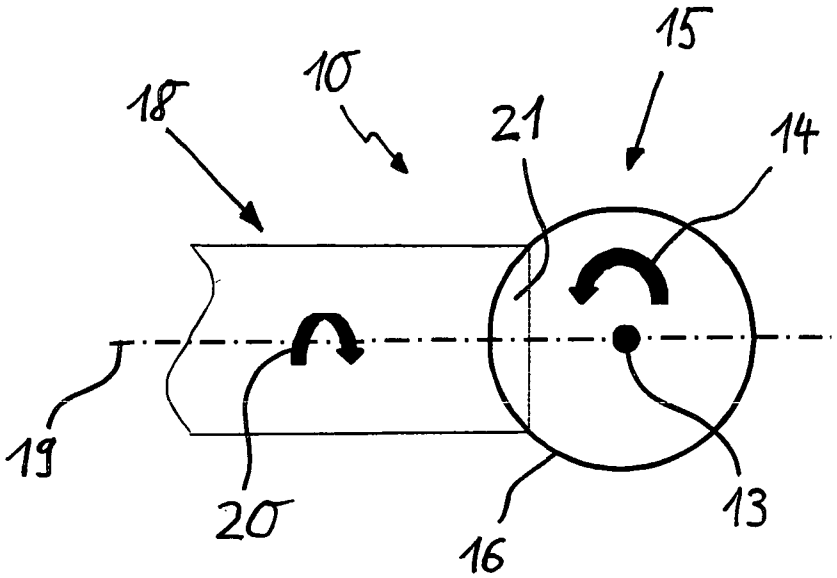


Fig. 2

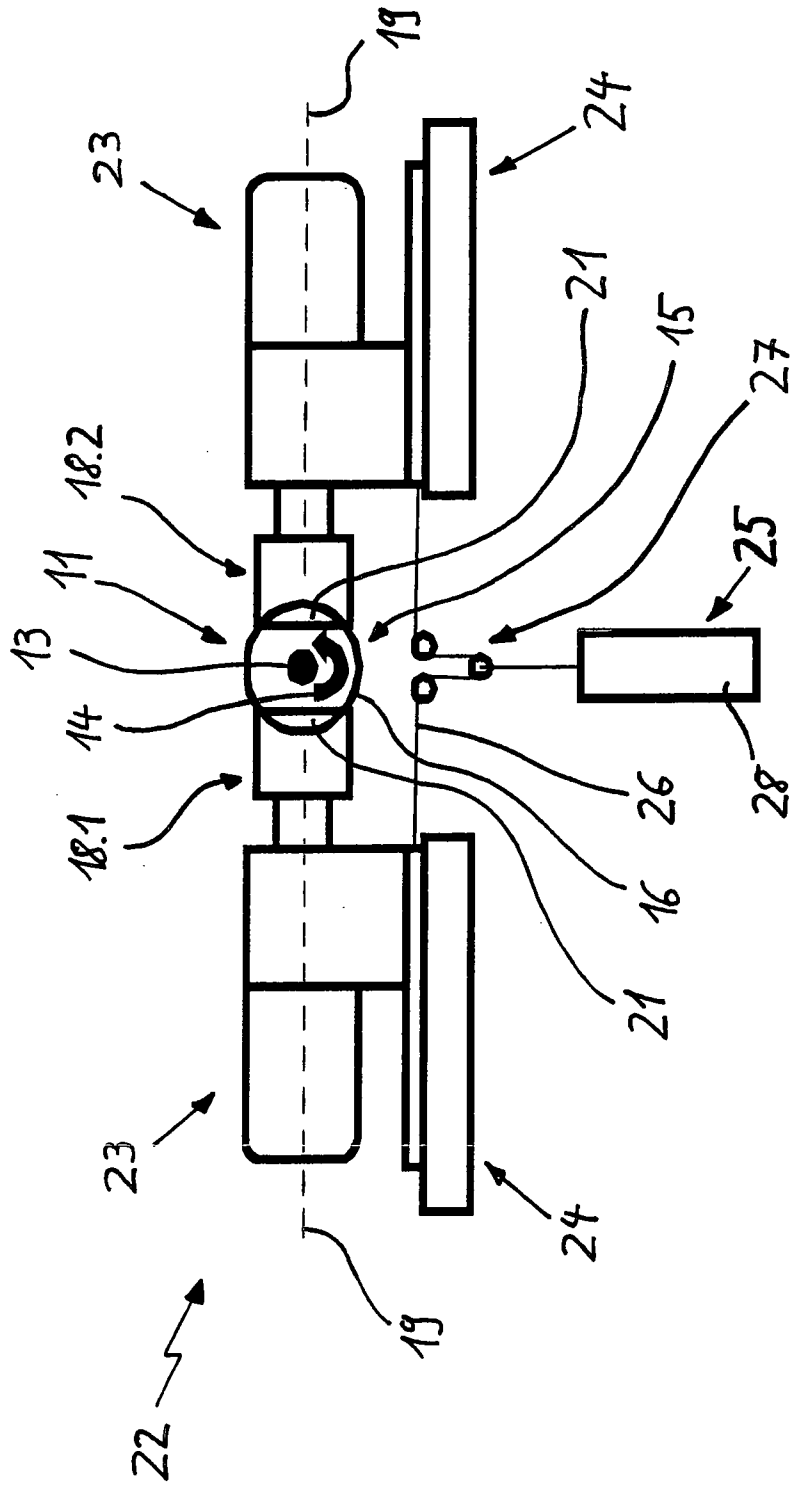


Fig. 3

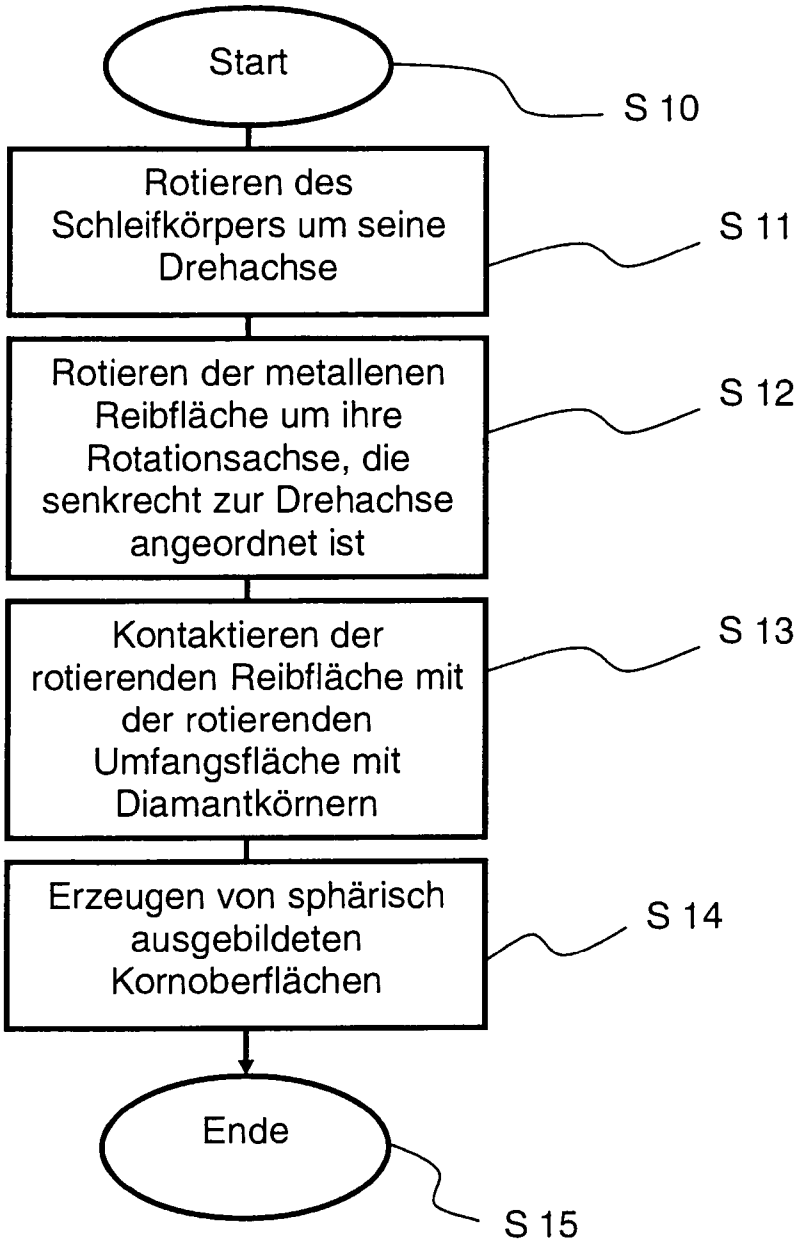

Start
S 10
Rotieren des Schleifkörpers um seine Drehachse
S 11
Rotieren der metallenen Reibfläche um ihre Rotationsachse, die senkrecht zur Drehachse angeordnet ist
S 12
Kontaktieren der rotierenden Reibfläche mit der rotierenden Umfangsfläche mit Diamantkörnern
S 13
Erzeugen von sphärisch ausgebildeten Kornoberflächen
S 14
Ende
S 15

Fig. 4