



(11)

EP 3 231 555 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.10.2017 Patentblatt 2017/42

(51) Int Cl.:
B24B 49/12 (2006.01) **B24B 37/005** (2012.01)
B24B 37/11 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: 17166414.7

(22) Anmeldetag: 13.04.2017

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: 14.04.2016 DE 102016106898

(71) Anmelder: **Hochschule Furtwangen**
78120 Furtwangen (DE)

(72) Erfinder:

- Prof. Dr. -Ing. Azarhoushang, Bahmann
78050 VS-Villingen (DE)
- Ludwig, Sebastian
78120 Furtwangen (DE)

(74) Vertreter: **Ege Lee & Partner**
Patentanwälte PartGmbB
Walter-Gropius-Straße 15
80807 München (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTlung DER SCHLEIFFÄHIGKEIT EINES SCHLEIFWERKZEUGS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung wie Erfassungsvorrichtung (1) zur automatisierten Ermittlung der Schleiffähigkeit eines in einen Schleifprozess einer Schleifvorrichtung integrierten Schleifwerkzeugs (13) mit geometrisch unbestimmter Schneide, insbesondere einer um eine Drehachse angeordneten und drehangetriebenen Schleifscheibe (12) mittels der in den Schleifprozess integrierten Erfassungsvorrichtung (1) mit einem optisch zumindest einen Teil der topografische Oberfläche (11) des Schleifwerkzeugs (13) erfassenden Sensorsystem und einer Auswerteeinrichtung der mittels des optischen Sensorsystems erfassten Strahlung. Zur schnellen, automatisierten

und qualitativ verbesserten Ermittlung der Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs (13) wird während des Schleifprozesses von zumindest einem vorgegebenen mikroskopischen Ausschnitt der topografischen Oberfläche (11) des Schleifwerkzeugs (13) von einer einzigen als optisches Sensorsystem vorgesehenen Kamera (3) unter Bestrahlung von Licht einer koaxial um die optische Achse (z) der Kamera (3) angeordneten Lichtquelle zumindest ein Bild aufgenommen und mittels einer als Auswerteeinrichtung vorgesehenen Bildbearbeitungseinrichtung das zumindest eine aufgenommene Bild mit einem Referenzbild verglichen und anhand des Vergleichs die Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs ermittelt.

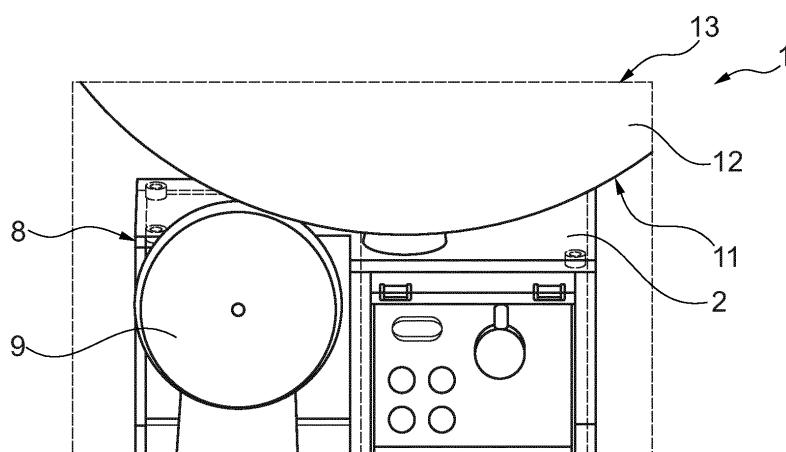


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung wie Erfassungsvorrichtung zur automatisierten Ermittlung der Schleiffähigkeit eines in einen Schleifprozess einer Schleifvorrichtung integrierten Schleifwerkzeugs mit geometrisch unbestimmter Schneide, insbesondere einer um eine Drehachse angeordneten und drehangetriebenen Schleifscheibe mittels der in den Schleifprozess integrierten Erfassungsvorrichtung mit einem optisch zumindest einen Teil der topografischen Oberfläche des Schleifwerkzeugs erfassenden Sensorsystem und einer Auswerteeinrichtung der mittels des optischen Sensorsystems erfassten Strahlung.

[0002] Bei der Herstellung hochwertiger, präziser Komponenten für Maschinen und Anlagen erfolgt als letzter Teilprozess oft das Schleifen mit geometrisch unbestimmter Schneide. Es dient zur Erzeugung von Funktionsflächen (Lauf-, Dicht- und Sichtflächen) mit hoher Oberflächengüte und engsten geometrischen Toleranzen. Das Schleifen steht damit oft am Ende der Fertigungskette. Ein leistungsfähiger und gleichzeitig sicherer Prozessablauf ist deshalb Voraussetzung für eine rentable und zuverlässige Produktion.

[0003] Mit zunehmender Gebrauchsdauer und dadurch zunehmendem Verschleiß des Schleifwerkzeuges durch Kornanflachung und Zusetzungen der Poren der topografischen, mit Schleifkörnern besetzten Oberfläche des Schleifwerkzeuge ändern sich die Mikro- und letztlich auch die Makrotopografie des Schleifwerkzeugs, beispielsweise einer Schleifscheibe mit umfangsseitiger Oberfläche wie Schleifoberfläche, und es stellen sich erhöhte Prozesskräfte, steigende Temperaturen in der Kontaktzone zwischen Schleifwerkzeug und Werkstück sowie ein Profilverlust ein. Die Konditionierung des Schleifwerkzeuges, beispielsweise durch Profilieren, Abrichten, Strukturieren, Schärfen und Reinigen, hat weSENTlichen Einfluss auf das Prozessergebnis.

[0004] Mit dem Abrichten von Schleifwerkzeugen sollen Zusetzungen entfernt und ein effektiver Kornüberstand mit scharfen Körnern hergestellt werden, die Erhöhung der Bearbeitungs Kräfte und -temperaturen vermieden, sowie einem Form- und Profilverlust vorgebeugt werden. In der industriellen Praxis werden Schleifwerkzeuge oft vorsichtshalber in regelmäßigen kurzen Intervallen oder einer festgelegten Anzahl an Werkstücken abgerichtet. Diese Zeitpunkte basieren meist auf Erfahrungswerten mit einberechneten Sicherheitswerten und schöpfen nicht das eigentliche Potential der Schleifwerkzeuge aus. Es soll dadurch verhindert werden, dass es durch Minderung der Schleiffähigkeit der Schleifwerkzeuge zu Qualitätsminderung des Werkstücks und somit zu Ausschuss, Nacharbeit und erhöhten Prozesszeiten kommt.

[0005] Zur besseren Ausnutzung der Qualität und Standfestigkeit von Schleifwerkzeugen wird beispielsweise in der DD 297 594 A5 eine Erfassung von Reflexsignalen der Schleifkörperwirkfläche mittels eines opti-

schen Sensorsystems mit einer Strahlungsquelle und zwei Strahlungsempfängern mittels in-process- oder post-process-Messungen vorgeschlagen. Hierbei wird eine Strahlungsquelle auf die Schleifkörperwirkfläche gerichtet und ein Strahlungsverlauf der von der Schleifkörperwirkfläche wie topografischen Oberfläche des Schleifkörpers direkt reflektierten und gestreuten Strahlung mittels der beiden Strahlungsempfänger erfasst. Hierbei wird eine Strahlungsintensität der Strahlungsquelle auf einen konstanten reflektierten Wert geregelt und die Strahlungsintensität der Streustrahlung ausgewertet. Die gestreute Strahlung wird mit einem Referenzstrahlungsverlauf verglichen und aus dem Vergleich bei Überschreiten eines Toleranzbandes ein Verschleiß des Schleifkörpers angezeigt. Dabei ist die Sensoreinrichtung den Umgebungsbedingungen schutzlos ausgeliefert.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist die Weiterbildung eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Ermittlung der Schleiffähigkeit eines Schleifwerkzeugs. Weiterhin ist Aufgabe der Erfindung, eine Schleifvorrichtung mit verbesselter Effizienz vorzuschlagen.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 10 und 14 gelöst. Die von den Ansprüchen 1 und 10 abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen der Gegenstände dieser Ansprüche wieder.

[0008] Das vorgeschlagene Verfahren dient der automatisierten Ermittlung der Schleiffähigkeit eines in einen Schleifprozess einer Schleifvorrichtung integrierten Schleifwerkzeugs mit geometrisch unbestimmter Schneide. In besonders vorteilhafter Weise ist das Schleifwerkzeug als um eine Drehachse angeordnete und drehangetriebene Schleifscheibe ausgebildet, welches eine Schleiffläche wie topografische Oberfläche an ihrem Umfang aufweist. Die Schleifscheibe ist auf einer Spindel einer Schleifvorrichtung aufgenommen, die beispielsweise mittels eines CNC-Programms drehangetrieben und radial verlagerbar ist, so dass mit entsprechend geregelter Drehzahl geschliffen und die Schleifscheibe radial an ein zu schleifendes Werkstück angenähert werden kann.

[0009] Die Ermittlung der Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs erfolgt in bevorzugter Weise während des Schleifprozesses. Hierbei kann eine Ermittlung vorgesehen sein, während ein Werkstück geschliffen wird. Bevorzugt erfolgt die Ermittlung der Schleiffähigkeit jedoch zwischen zwei Schleifvorgängen, so dass die Spindel im Wesentlichen unabhängig von einem Schleifvorgang verdreht und gegebenenfalls radial verlagert werden kann und ein Kühlmittelfluss gegebenenfalls abgestellt und beim Schleifvorgang auftretender Partikel- und Funkenflug verhindert werden kann.

[0010] Die Ermittlung der Schleiffähigkeit erfolgt mittels einer in den Schleifprozess, das heißt, mittels einer in eine Schleifvorrichtung, beispielsweise ein mit geometrisch unbestimmter Schneide arbeitendes Bearbeitungszentrum, eine Schleifvorrichtung oder eine Ferti-

gungs- oder Produktionsstraße mit einer in den Schleifprozess integrierten Erfassungsvorrichtung mit einem optisch zumindest einen Teil der topografischen Oberfläche wie abrasiv gegenüber einem zu bearbeitenden Werkstück wirksamen Oberfläche des Schleifwerkzeugs erfassenden Sensorsystem und einer Auswerteeinrichtung der mittels des optischen Sensorsystems erfassten Strahlung.

[0011] Unter der Erfassungsvorrichtung ist hierbei eine einzige Kamera zu verstehen, die in genügend hoher Auflösung im Gegensatz zu einer Erfassung nicht ortsaufgelöster Strahlung eine Bilderfassung eines mikroskopischen Ausschnitts, das heißt eine ortsaufgelöste Topografie der Oberfläche des Schleifwerkzeugs erfassen kann. Beispielsweise kann als Kamera ein Digitalmikroskop dienen. Die Kamera erfasst als optisches Sensorsystem während des Schleifprozesses zumindest einen vorgegebenen mikroskopischen Ausschnitt der topografischen Oberfläche des Schleifwerkzeugs unter Bestrahlung von Licht einer koaxial um die optische Achse der Kamera angeordneten Lichtquelle und ermittelt daraus zumindest ein Bild. Das zumindest eine ermittelte Bild wird anschließend mittels einer als Auswerteeinrichtung vorgesehenen Bildbearbeitungseinrichtung bearbeitet, beispielsweise gefiltert, einer Rauschunterdrückung oder dergleichen unterzogen und mit einem Referenzbild verglichen. Anhand des Vergleichs des zumindest einen ermittelten Bilds mit dem Referenzbild kann beispielsweise automatisiert die Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs ermittelt werden. Überschreitet eine vorgegebene Differenz, beispielsweise eine ortsaufgelöste Differenz zwischen dem Bild und dem Referenzbild, welches beispielsweise einen Idealzustand wiedergibt, eine vorgegebene Schwelle oder unterschreitet eine Differenz zwischen Bild und Referenzbild, welches einen Verschleißzustand wiedergibt, eine vorgegebene Schwelle, kann in der Schleifvorrichtung automatisiert ein Abrichtvorgang eingeleitet, ein Austausch des Schleifwerkzeugs und/oder eine entsprechende Warnung ausgegeben werden. Die Ermittlung eines Referenzbildes kann beispielsweise bei Inbetriebnahme des Schleifwerkzeugs beispielsweise an einer jeweils anzuftahrenden Referenzposition oder an mehreren unterschiedlichen Positionen der Oberfläche vorgesehen werden und/oder als allgemeines Topografiemuster oder Bildmaterial entnommen werden.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens können Bilder bei senkrecht zur optischen Achse gerichteter und/oder diffuser Bestrahlung der Oberfläche aufgenommen werden und damit unterschiedliche Bildinformationen ergeben, deren Auswertung eine verbesserte Beurteilung der Schleiffähigkeit erlaubt. Beispielsweise lässt sich bei diffuser Bestrahlung eine verbesserte Farbwiedergabe erzielen, so dass beispielsweise Zusetzungen des Schleifwerkzeugs besser von der Oberfläche unterschieden werden können. Die Auswertung von Bildern, die bei gerichteter Bestrahlung der Oberfläche parallel zur optischen Achse der Kamera

aufgenommen sind, ermöglicht eine verbesserte Auflösung der topografischen Struktur, beispielsweise der Schleifkörner. Die unterschiedliche Beleuchtung der Oberfläche in Form von diffuser und direkter Bestrahlung kann mittels einer um die optische Achse koaxial angeordnete Lichtquelle aus einer Vielzahl von Leuchtdioden vorgesehen sein. Die Leuchtdioden können hierzu bezogen auf die optische Achse in unterschiedlichem Strahlwinkel angeordnet sein und wahlweise beschaltet werden. Alternativ oder zusätzlich können die Leuchtdioden bezüglich ihres Lichtwinkels steuerbar ausgebildet sein. Hierzu kann ein koaxialer Rahmen mit den Leuchtdioden gegenüber der optischen Achse verdreht oder verschwenkt werden. Alternativ oder zusätzlich können Leuchtdioden in einer einzigen geeigneten Strahlungsfrequenz oder mit unterschiedlichen Strahlungsfrequenzen ausgebildet sein, wobei Bilder jeweils mit Leuchtdioden derselben Strahlungsfrequenzen und/oder mit unterschiedlichen Strahlungsfrequenzen zur Bildung eines Frequenzspektrums aufgenommen werden können.

[0013] Insbesondere bei der Aufnahme von Bildern mit gerichteter Reflexion der Strahlung kann die Schleiffähigkeit abhängig von einem Anteil von Reflexionsflächen an einem vorgegebenen Flächenanteil der Oberfläche ermittelt werden. Hierbei bilden beispielsweise flach geschliffene Schleifkörner Reflexflächen für die gerichtete Strahlung, so dass eine Zunahme der ermittelten Reflexflächen pro vorgegebenem Flächenanteil der Oberfläche ein Maß für die Schleiffähigkeit ergibt. Hierbei kann ein aufgenommenes Bild bezüglich seines Kontrasts so bearbeitet werden, dass lediglich schwarze oder weiße Bildpunkte ausgewertet werden.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens kann die zu erfassende Oberfläche des Schleifwerkzeugs an eine oder mehrere vorgegebene Referenzpositionen verlagert werden. Beispielsweise kann eine Schleifscheibe so an die Kamera verdreht werden, dass bei den vorgesehenen Ermittlungsvorgängen der Schleiffähigkeit dieselben Referenzposition(en) oder reproduzierbar jeweils andere Referenzpositionen angefahren werden. Hierbei kann die Erfassungsvorrichtung eine verdrehbar geschaltete Schleifscheibe beispielsweise mittels eines hierzu in Reibeingriff zur Schleifscheibe gebrachten Reibradantriebs angetrieben werden, wobei ein Schrittmotor des Antriebs für eine ausreichende Winkelauflösung der Verdrehung sorgen kann. Die Position der Schleifscheibe kann beispielsweise durch eine oder mehrere entsprechende von der Kamera erfasste Markierungen auf der Oberfläche der Schleifscheibe, einen induktiven Sensor, der eine oder mehrere an der Schleifscheibe angebrachte Markierungen erfasst, oder dergleichen erfasst werden. Zur Ausbildung des Reibeingriffs kann die Spindel mit der Schleifscheibe beispielsweise CNC-gesteuert gegen das Reibrad des Reibradantriebs radial verlagert werden. In alternativer Weise kann das Schleifwerkzeug, beispielsweise die Schleifscheibe von einem Antrieb der Schleifvorrichtung bei-

spielsweise CNC-gesteuert verlagert wie im Falle einer Schleifscheibe an eine oder mehrere Referenzpositionen verdreht werden.

[0015] Prinzipiell ist für jeden Ermittlungsvorgang der Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs zu einem vorgegebenen Zeitpunkt jeweils die Aufnahme und Auswertung eines einzigen Bilds von einem Teil der Oberfläche ausreichend. Insbesondere zur Erhöhung der Qualität und/oder Reproduzierbarkeit des Ermittlungsvorgangs kann vorteilhaft sein, wenn während eines Ermittlungsvorgangs mehrere Bilder desselben Teils der Oberfläche bei gleichen oder geänderten Aufnahmebedingungen oder Bilder unterschiedlicher Teile bei denselben oder unterschiedlichen Aufnahmebedingungen aufgenommen beziehungsweise diese Teile durch die Kamera als Bilder erfasst werden und anschließend in bevorzugter Weise gemittelt werden.

[0016] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens kann eine sogenannte Videoaufnahme der Oberfläche aufgenommen werden, in dem in hoher Bildfolge bei verlagerter wie verdrehter Oberfläche Bilder aufgenommen werden. Bevorzugt ist hierbei eine Abfolge von vielen Bildern mittels der Kamera, wobei die Bilder über einen Oberflächenverlauf, beispielsweise über eine Drehbewegung der Oberfläche einer Schleifscheibe synchronisiert sind, so dass die Bilder über verschiedene Ermittlungsfolgen und/oder mehrfachen Umläufen einer Schleifscheibe jeweils reproduzierbar an denselben Positionen aufgenommen werden.

[0017] Zur Verbesserung der Auflösung eines Bilds kann das Schleifwerkzeug zur Erfassung des zumindest einen Bilds in ein Bildfeld der Kamera verschwenkt werden. Beispielsweise kann eine Schleifscheibe durch radiales Verlagern der diese drehangetrieben aufnehmenden Spindel nahe an eine Apertur der Kamera gebracht werden.

[0018] Zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit der zunehmenden Bilder kann die zu erfassende Oberfläche des Schleifwerkzeugs gereinigt werden. Beispielsweise können Kühlmittel- Öreste, anhaftende Späne und/oder andere Verunreinigungen mittels einer Druckluftdüse entfernt werden.

[0019] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft gezeigt, die Kamera in einem Gehäuse unterzubringen, welches die Kamera vor den rauen Umgebungsbedingungen der Schleifvorrichtung vor Verschmutzung schützt. Hierbei kann in dem Gehäuse eine Kameraöffnung vorgesehen sein, die mittels eines Deckels verschließbar ist, wenn keine Aufnahmen mit der Kamera vorgesehen sind. Der Deckel kann mittels einer Aktoreinrichtung, beispielsweise mittels eines Elektromotors, eines Piezoelements, einer Druckluftsteuerung, mittels eines Magnetschalters oder dergleichen zwischen einem geöffneten und geschlossenen Zustand der Kameraöffnung geschaltet werden. Es kann dabei vorgesehen sein, vor einem Öffnen des Deckels und einem Aufnahmevergong des zumindest einen Bildes das Gehäuse und den Deckel beispielsweise mittels Druckluft zu reinigen.

[0020] Die vorgeschlagene Erfassungsvorrichtung dient der Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens. Hierzu ist in einem geschlossenen Gehäuse mit einer verschließbaren Kameraöffnung eine Kamera mit einer koaxial zur optischen Achse angeordneten Lichtquelle untergebracht. Zur Ermittlung der Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs mittels der von der Kamera aufgenommenen Bilder von der topografischen, abrasiv wirksamen Oberfläche eines Schleifwerkzeugs ist eine Bildbearbeitungseinrichtung vorgesehen. Die Erfassungsvorrichtung ist mittels des Gehäuses in die Schleifvorrichtung integriert, beispielsweise mit einem ortsfesten Teil der Schleifvorrichtung verschraubt.

[0021] In einer Ausführungsform der Erfassungsvorrichtung, bei der beispielsweise eine ausreichende Genauigkeit der Verlagerung des Schleifwerkzeugs nicht gegeben ist, kann das Gehäuse einen Reibradantrieb enthalten, welcher das als Schleifscheibe ausgebildete Schleifwerkzeug mit einer ausreichenden Winkelauflösung antreibt. Während eines Ermittlungsvorgangs der Schleiffähigkeit kann der Reibradantrieb gegen eine nicht radial verlagerte Schleifscheibe zur Bildung eines Reibeingriffs mit der Schleifscheibe verlagert werden oder die die Schleifscheibe drehantreibende Spindel radial gegenüber dem Reibradantrieb verlagerbar ausgebildet sein. In bevorzugter Weise bilden das Reibrad des Reibradantriebs und die umfangsseitige abrasiv wirksame Oberfläche der Schleifscheibe den Reibeingriff. Es versteht sich, dass von der Definition eines Reibradantriebs auch Antriebe mit drehschlüssigem Antrieb, beispielsweise Verzahnungen der Schleifscheibe mit einem Antrieb umfasst sind.

[0022] Die vorgeschlagene Schleifvorrichtung enthält ein insbesondere auf einer radial verlagerbaren, drehangetriebenen Spindel angeordneten, als Schleifscheibe ausgebildeten Schleifwerkzeug mit einer umfangsseitigen, mit Schleifpartikeln besetzte Oberfläche mit der vorgeschlagenen Erfassungsvorrichtung zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens. In der Schleifvorrichtung oder an einem räumlich getrennten Ort kann die zugehörige Bildbearbeitungseinrichtung vorgesehen sein.

[0023] Mit anderen Worten können Verschleißmerkmale der Oberflächentopographie von Schleifwerkzeugen mittels eines bevorzugt vollständig automatisierten und in den Schleifprozess integrierten Messverfahrens durch Bildverarbeitung erkannt und die Schleiffähigkeit, zu jedem Zeitpunkt des Schleifprozesses schnell und einfach, bewertet werden. Dadurch kann das Potential von Schleifwerkzeugen voll ausgenutzt, die Standzeit verlängert und der Prozess aus ökonomischer und ökologischer Sicht optimiert werden.

[0024] Hierzu ist ein automatisiertes in-process-Bildverarbeitungsverfahren vorgesehen, bei dem mikroskopische Aufnahmen der Oberflächentopographie von Schleifwerkzeugen auf Verschleißmerkmale hin analysiert werden. Anhand von Reflektionen, die durch geeignete Beleuchtung entstehen, werden Zusetzungen und

der Grad der Anflachung von abrasiven Körnern erkannt. Somit kann die Schleiffähigkeit durch einen Vergleich mit Grenzwerten bewertet und die Standzeit der Schleifwerkzeuge optimiert werden.

[0025] Das Verfahren stützt sich dabei auf ein kostengünstiges Sensorsystem wie Kamerasystem mit einer Kamera, beispielsweise ein Digitalmikroskop. Die Kamera, welche von einem kühlmittel- und ölfesten Gehäuse umgeben sein kann, erstellt mikroskopische Aufnahmen wie Bilder der Topographie des Schleifwerkzeugs. Vor der Anfertigung der Bilder kann das Schleifwerkzeug unter Rotation mittels einer Druckluftdüse von Kühlenschmierstoff- und Ölrückständen und dergleichen gesäubert werden, sodass bei der Bildaufnahme keine Verfälschung auftritt. Zusätzlich, beispielsweise anschließend kann mit derselben oder einer weiteren Druckluftdüse zumindest die mit einer Kameraöffnung versehene Oberseite des Gehäuses gesäubert werden, um ein Eindringen von Kühlenschmierstoff oder Öl in das Gehäuse und damit in die Kamera zu verhindern. Die Dauer der Reinigungsschritte kann beispielsweise auf unter zehn Sekunden ausgelegt werden, um die Zeit für den gesamten Messprozess so gering wie möglich zu halten.

[0026] Um ein Bild der Oberfläche anzufertigen, kann das Schleifwerkzeug mit einem über einen Schrittmotor angetriebenen Reibradantrieb auf eine gewünschte Winkelposition wie Referenzposition gebracht werden. Es kann vor der Kameraöffnung eine abgedichtete Schutzklappe vorgesehen sein, die vor einer Aufnahme eines Bilds mittels eines einfachen automatischen Mechanismus auf die Seite fährt, so dass ein Bild der Oberfläche aufgenommen werden kann.

[0027] Durch die hohe Winkelgenauigkeit des Schrittmotors des Reibradantriebs ist es möglich, Bilder jeder beliebigen Stelle der Oberfläche mit einer sehr hohen Wiederholgenauigkeit herzustellen, was für die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse einen wichtigen Faktor darstellt.

[0028] Von der Kamera erfasste Bilder werden kabelgebunden oder per Funkübertragungstechnik, beispielsweise WLAN, Bluetooth, per Internet über einen Cloud-Service oder dergleichen auf eine Bildverarbeitungseinrichtung mit einem Bildverarbeitungsprogramm eines Endgeräts, beispielsweise einer Workstation oder eines PC's übertragen und ausgewertet. Eine Bereitstellung der Messdaten in einem Cloud-Service hat den Vorteil, dass beispielsweise Maschinenbediener, Ingenieure, Projektleiter und dergleichen auf die Daten zugreifen können. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die Resultate als Versuchsdokumentation zu speichern und diese immer wieder zur Verfügung zu stellen.

[0029] Die Bildverarbeitungseinrichtung bedient sich einer sogenannten Image Processing Software. Die angefertigten Bilder werden auf verschiedene Merkmale hin untersucht. Mit der digitalen Bildverarbeitung können Größen wie beispielsweise Zusetzungen der Schleifscheibenoberfläche, Abflachungen der Schleifkörner sowie die Anzahl der aktiven Schleifkörner und deren pro-

zentualer Anteil zu einer vorgegebenen Fläche des Bildes ermittelt werden. Die Fläche, die bei der Analyse betrachtet werden soll, kann abhängig von der Schleifscheibenbreite und der Konzentration der Körner vorgegeben werden. Um die genannten Größen zu ermitteln, werden verschiedene Funktionen des Image Processing angewendet. Dazu gehören beispielsweise die Reduktion von Bildrauschen und gegebenenfalls die Anwendung von Filtern wie Softwarefiltern, um bestimmte Bildmerkmale hervorzuheben. Beispielsweise können mittels einer Kantendetektion und Objekterkennung einzelne Elemente der Schleifscheibentopographie erkannt und segmentiert werden. Für die Analyse eines Bereichs der Oberfläche kann ein einziges hochauflösendes mikroskopisches Bild ausreichend sein. Durch die Minimierung der Anzahl der Bilder während eines Ermittlungsvorgangs kann dieser beschleunigt werden. Beispielsweise kann die Berechnungszeit mittels einer entsprechenden Auslegung der Hardware und die Intensität der Rechenschritte der Bildbearbeitung für ein Bild auf ca. 0,5 Sekunden, bevorzugt 0,4 Sekunden beschränkt werden. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, kann die Auswertungstiefe erhöht und/oder in vorteilhafter Weise eine Mittelwertbildung aus mehreren, beispielsweise drei Bildern an drei identischen, ähnlichen oder verschiedenen Positionen wie Referenzpositionen vorgesehen sein. Diese Positionen können durch den oben genannten Reibradantrieb exakt einstellbar und reproduzierbar angefahren werden.

[0030] Durch die geeignete Wahl von diffusem oder gerichtetem Lichteinfall der Strahlungsquelle wie Lichtquelle können verschiedene Oberflächenmerkmale gewichtet werden. Beispielsweise kann eine Differenzierung verschiedener Farbbereiche unter diffusem Licht besser dargestellt werden. Kanten oder die Reflexion von abgeflachten Bereichen wie etwa bei verschlissenen Schleifkörnern sind mittels gerichtetem, beispielsweise senkrecht zur optischen Achse der Kamera gerichtetem Licht besser darstellbar. Als Lichtquelle kann beispielsweise ein koaxial an der Kamera befestigter Lichtring aus Leuchtdioden (LED) dienen. Dieser bietet die Möglichkeit, die Lichtintensität und den Einfallswinkel auf den betrachteten Oberflächenausschnitt einzustellen.

[0031] Die sich mit zunehmendem Zerspanungsvolumen abflachenden Schleifkörner reflektieren senkrecht auftreffendes Licht, sodass die Schleiffähigkeit unter anderem anhand dieses Merkmals beurteilt werden kann. Beispielsweise kann hierzu eine 50-fache Vergrößerung der Oberfläche vorgesehen sein. Zur Analyse derartiger Reflexionen und damit der Schleiffähigkeit kann in der Bildverarbeitungseinrichtung beispielsweise folgende, automatisiert durchführbare Routine abgearbeitet werden:

- von der Kamera aufgenommenes Bild laden,
- Bild auf einen vorgegebenen Bereich zuschneiden,
- Vergleich des Bereichs mit einem vorgegebenen Referenzbereich,

- Vorgabe eines Schwellwerts für den Bereich des aufgenommenen Bilds,
- Filtern von Objekten kleiner als der vorgegebene Schwellwert,
- Ermitteln einer Differenz zwischen Bereich und Referenzbereich,
- Speichern des Ergebnisses,
- Reset mit Löschen der aktuellen Bilder und Ergebnisse.

[0032] Im Detail basiert die Ausführungsform einer derartigen Routine auf der Bearbeitung des mikroskopischen Bilds der Oberfläche auf einem Schwellwertverfahren, welches das Bild beziehungsweise dessen vorgegebenen Bereich in ein Ein-Bit-Bild, welches nur aus schwarzen oder weißen Pixeln besteht, umwandelt. Die Reflexionen werden beispielsweise in weiße Pixel umgewandelt, die übrigen Bereiche werden geschwärzt. Dies führt dazu, dass ein Bild entsteht auf dem nur noch die Reflexionen abgebildet sind. Die Routine berechnet die prozentuale Fläche der Reflexionen in Bezug auf die Gesamtfläche des Bildes beziehungsweise des Bereichs und vergleicht diese mit einem Referenzbild beziehungsweise einem Referenzbereich beispielsweise im Anfangszustand oder Verschleißzustand, so dass eine quantitative Beurteilung der Fläche der Reflexionen erfolgen kann.

[0033] Die Aufnahme der Bilder für die Auswertung kann alternativ in Form von Einzelbildern oder als Bilderserie als Videoaufnahme erfolgen. Hierbei kommt ein Kamerasystem mit hoher Aufnahmefrequenz zum Einsatz. Die Auswertung der Bilder kann entsprechend der vorher beschriebenen Verfahren mit einer entsprechenden Bildbearbeitungseinrichtung erfolgen. In der Ausführungsform als Videoaufnahme werden mehr Bilder in kurzer Zeit bereitgestellt, so dass eine höhere Messgenauigkeit, beispielsweise eine Beurteilung eines Schleifbelags einer Schleifscheibe über den gesamten Umfang erzielt werden kann. Ein Reibradantrieb kann hierbei für Schleifvorrichtungen vorgesehen sein, die über keine exakte Drehzahlsteuerung im niedrigen, für die Videoaufnahme relevanten Drehzahlbereich verfügen. Die Drehzahl der Schleifscheibe wird dabei mittels des Reibradantriebs oder der Drehzahlsteuerung der Schleifmaschine bevorzugt an die Aufnahmefrequenz der Kamera angepasst.

[0034] Die Ausführungsform einer Aufnahme von Bildern mittels einer Videokamera stellt im Prinzip eine Onlinemessung dar, bei der das gesamte Schleifwerkzeug in sehr kurzer Zeit auf seinen Zustand hin untersucht werden kann, ohne es dabei vollständig zum Stillstand bringen zu müssen.

[0035] Als Hardware kann eine Kamera mit einer Auflösung von mindestens 1600 x 1200 Bildpunkten (2 Megapixel) vorteilhaft sein. Als Sensor der Kamera kann vorzugsweise die CMOS-Technik eingesetzt werden, da diese ausreichend hohe Datenraten bei gleichzeitig hoher Bildqualität ermöglicht. Die Aufnahmefrequenz

5 keit kann beispielsweise die Aufnahme von mehr als 120 Bildern pro Sekunde ermöglichen. Die Videoaufnahme kann dadurch bei rotierendem Schleifwerkzeug erfolgen. Beispielsweise kann mit der vorgegebenen Aufnahmefrequenz bei einer aufgenommenen Fläche von 1x1 mm pro Bild und einer Schleifscheibe mit einem Durchmesser von 400 mm und daher einem Umfang von 1256 mm innerhalb von 10 Sekunden eine komplette Analyse der gesamten Oberfläche erfolgen. Es versteht sich, dass mit zunehmender Aufnahmefrequenz, kleinerem Scheibendurchmesser und größerem Messbereich die Messzeiten verringert werden können.

[0036] Für die Analyse der Aufnahmen und die Erkennung verschiedener Merkmale ist eine spezielle Beleuchtung der Aufnahmefläche vorgesehen. Da manche Merkmale unter gerichtetem und andere unter diffusem Licht besser erkennbar sind, wird eine variable Beleuchtungseinheit wie Lichtquelle beispielsweise als Domaufsatz mit variabel steuerbaren Leuchtdioden, die unterschiedliche Strahlungswinkel einstellen, vorgesehen, mit der schnell zwischen gerichtetem und diffusem Licht gewechselt werden kann. Eine Differenzierung verschiedener Farbbereiche ist unter diffusem Licht einfacher, wobei eine Darstellung von Kanten oder die Reflexion von abgeflachten Bereichen, wie etwa bei verschlissenen Schleifkörnern, von senkrecht gerichtetem Licht profitiert. Hierbei kann die Lichtquelle an jedes Schleifwerkzeug individuell angepasst sein, da beispielsweise Diamantkörner, CBN-Körner oder konventionelle Kornwerkstoffe wie Korund (Al_2O_3) oder Siliciumkarbid (SiC) die Strahlung auf unterschiedliche Weise reflektieren. Weiterhin sprechen keramische, galvanische und metallische Bindungen oder Bindungsstoffe auf Kunstrarzbasis auf Licht unterschiedlich an. Hierzu können Anzahl und Frequenzbereich von als Lichtquelle dienenden Leuchtdioden entsprechend ausgewählt werden.

[0037] Die Erfindung wird anhand der in den Figuren 1 bis 9 dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Dabei zeigen:

- | | | |
|----|---------|--|
| 40 | Figur 1 | eine Erfassungsvorrichtung zur Aufnahme von Bildern eines Schleifwerkzeugs in schematischer Darstellung, |
| 45 | Figur 2 | ein Detail der Erfassungsvorrichtung der Figur 1 mit einer verschließbaren Abdeckung einer Kameraöffnung, |
| 50 | Figur 3 | eine Seitenansicht der Erfassungsvorrichtung der Figuren 1 und 2, |
| 55 | Figur 4 | eine gegenüber der Erfassungsvorrichtung der Figuren 1 bis 3 abgeänderte Erfassungsvorrichtung in schematischer Darstellung, |
| 60 | Figur 5 | ein Detail der Erfassungsvorrichtung der Figur 4, |
| 65 | Figur 6 | eine mikroskopische Aufnahme eines Schleifkörpers im Neuzustand, |
| 70 | Figur 7 | eine mikroskopische Aufnahme des Schleifkörpers im Verschleißzustand, |

- Figur 8 ein von einer Bildbearbeitungseinrichtung überarbeitetes Ein-Bit-Bild einer mikroskopischen Aufnahme einer Schleifscheibe
- und Figur 9 ein Diagramm zur Darstellung des Zusammenhangs einer Flächenzunahme angeflachter Schleifpartikel zu Schleifkräften abhängig von einem Schleifvolumen.

[0038] Die Figuren 1 und 2 zeigen in Übersicht und im Detail schematisch eine Ausführungsform einer möglichen Erfassungsvorrichtung 1 zur Aufnahme von mikroskopischen Bildern einer topografischen Oberfläche einer wirksamen abrasiven, mit Schleifpartikeln besetzten Schicht eines Schleifwerkzeugs, beispielsweise einer Schleifscheibe. Die Erfassungsvorrichtung 1 weist das Gehäuse 2 auf, in der - in Durchsicht dargestellt - die Kamera 3, beispielsweise ein Digitalmikroskop mit der um die optische Achse z angeordneten Apertur 4 untergebracht ist. Das Gehäuse 2 enthält die mit der optischen Achse z fluchtende Kameraöffnung 5, die mittels des von der Aktoreinrichtung 7 über ein nicht einsehbares Getriebe automatisiert betätigten Deckels 6 dicht verschließbar ist. In dem Gehäuse 2 ist weiterhin der Reibradantrieb 8 untergebracht, dessen Reibrad 9 von einem Schrittmotor mit hoher Winkelgenauigkeit angetrieben wird. Das Bedienfeld 10 dient der manuellen Bedienung der Erfassungsvorrichtung 1 von außen. Die von der Kamera 3 erfassten Daten wie Bilder werden drahtlos oder drahtgebunden an die nicht dargestellte Bildbearbeitungseinrichtung übertragen, die die Bilder bearbeitet und bewertet.

[0039] Die Figur 3 zeigt unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 die Erfassungsvorrichtung 1 in geschnittener Seitenansicht während eines Ermittlungsvorgangs, bei dem mittels der Kamera 3 ein Bild von der topografischen Oberfläche 11 des als Schleifscheibe 12 ausgebildeten Schleifwerkzeugs 13 aufgenommen wird. Hierzu ist die Schleifscheibe 12 mit ihrer Drehachse auf einer nicht dargestellten Spindel einer Schleifvorrichtung radial gegen das Reibrad 9 verlagert. Die Schleifscheibe 12 wird von dem Reibradantrieb 8 mittels dem mit der Oberfläche 11 in Reibeingriff befindlichen Reibrad 9 so verdreht, dass die Oberfläche 11 mit einer vorgegebenen Referenzposition an die Kameraöffnung 5 verlagert wird. Auf diese Weise können eine oder mehrere Referenzpositionen angefahren und jeweils von der Kamera 3 ein einziges oder mehrere Bilder aufgenommen und auf die Bildverarbeitungseinrichtung übertragen werden. Vor dem Ermittlungsvorgang wird die Schleifscheibe 12 und die Oberseite des Gehäuses 2 beispielsweise mittels einer Druckluftdüse gereinigt und die Kameraöffnung 5 durch Verlagern des Deckels 6 geöffnet und nach dem Ermittlungsvorgang wieder geschlossen.

[0040] Die Figur 4 zeigt die gegenüber der Erfassungsvorrichtung 1 der Figuren 1 bis 3 abgeänderte Erfassungsvorrichtung 1a im Detail. Die Erfassungsvorrich-

tung 1a eignet sich insbesondere für Videoaufnahmen der Oberfläche 11a eines als Schleifscheibe 12a ausgebildeten Schleifwerkzeugs 13a. Hierzu wird die Schleifscheibe 12a von einer Spindel einer Schleifvorrichtung oder - wie hier gezeigt - von dem Reibrad 9a eines Reibradantriebs mit auf die Aufnahmerate der Kamera 3a synchronisierter Drehzahl beziehungsweise Winkelgeschwindigkeit angetrieben, so dass die Kamera 3a über den Umfang der Oberfläche 11a der Schleifscheibe 12a bevorzugt lückenlos Bilder von Ausschnitten 15a der Oberfläche 11a aufnehmen kann. Mittels der Druckluftdüse 14a ist eine Reinigung der Oberfläche 11a vor der Aufnahme der Bilder vorgesehen.

[0041] Die Figur 5 zeigt eine Abwandlung der Erfassungsvorrichtung 1a der Figur 4 mit der Kamera 3a, die mit der die Apertur koaxial umgebenden Lichtquelle 16a versehen ist. An der Innenseite der als Domlichtaufsatz 17a ausgebildeten Lichtquelle 16a sind Leuchtdioden angeordnet, die unterschiedliche Strahlungswinkel gegenüber der optischen Achse der Kamera 3a aufweisen. Durch wechselseitige Beschaltung der Leuchtdioden kann eine diffuse oder entlang der optischen Achse gerichtete Bestrahlung der Oberfläche 11a der Schleifscheibe 12a erzeugt werden.

[0042] Die Figur 6 zeigt ein typisches Bild 18 der topografischen Oberfläche 11, 11a eines Schleifwerkzeugs 13, 13a beziehungsweise einer Schleifscheibe 12, 12a der Figuren 3 bis 5 im Neuzustand oder frisch abgerichteten Zustand. Das beispielsweise mittels der Kameras 3, 3a der Figuren 1 bis 5 in einer beispielsweise 50-fachen Vergrößerung aufgenommene Bild 18 zeigt lediglich einen geringen Anteil an direkten Reflexionen 19, die auf abgeflachte Schleifkörner oder -partikel zurückzuführen sind.

[0043] Die Figur 7 zeigt das unter denselben Aufnahmeverhältnissen aufgenommene Bild 18a einer mit einem Zerspanungsvolumen von beispielsweise 500 mm³/mm beanspruchten Schleifscheibe. Das Bild zeigt umfangreiche Reflexionen 19a, die auf eine erhebliche Abflachung von Schleifkörnern hindeuten, indem bei auf die Oberfläche gerichteter Strahlung senkrechte Reflexionen 19a in die Kamera eingestrahlt werden.

[0044] Die Figur 8 zeigt ein von der Bildverarbeitungseinrichtung verarbeitetes Bild 18b, welches aus einem beispielsweise den Bildern 18, 18a der Figuren 6, 7 entsprechenden Bild erstellt ist. Durch Filterung und Schwellwertbehandlung wird aus derartigen Bildern das gezeigte Bild 18b als Ein-Bit-Bild erstellt, bei dem die Reflexionen 19b als Flächenstrukturen mit berechenbarer beziehungsweise abschätzbarer Fläche ermittelt werden. Die Summe der ermittelten Flächen wird dabei in Verhältnis zu dem restlichen Bildbereich 20 gesetzt. Die Beurteilung der Schleiffähigkeit der dem Bild zugrunde liegenden Schleifscheibe wird durch Vergleich des gewonnenen Verhältnisses mit dem Verhältnis eines unter denselben Bedingungen behandelten Bilds einer neuen oder frisch abgerichteten Schleifscheibe erzielt. Hierbei ist eine Abweichung der relativen Fläche der Reflexionen

19b um eine vorgegebene Toleranz ein Maß für eine Ab-richtung oder einen Ersatz der Schleifscheibe. Im umgekehrten Fall kann ein Annähern der relativen Fläche der Reflexionen 19b an die relative Fläche einer Schleif-scheibe an der Verschleißgrenze als Maß für deren Be-darf zur Abrichtung oder Ersatz dienen. Es versteht sich, dass unter Einhaltung einer vorzugebenden Toleranz der relativen Flächenabweichung auch Bilder von Schleif-scheiben zwischen dem Neuzustand und dem verschlissenen Zustand als Referenz dienen können.

[0045] Die Figur 9 zeigt das Diagramm 21 des Refle-xionsanteils eine Bilds 18b der Figur 8 in Prozent und der Schleifkräfte gegen das Zerspanungsvolumen Vw in [mm³/mm] einer typischen Schleifscheibe. Dabei zeigt der Graph 22 die Entwicklung der Schleifkräfte und der Graph 23 die Entwicklung des Reflexionsanteils über das Zerspanungsvolumen Vw. Es wird deutlich, dass die Schleifkräfte im Wesentlichen mit den Reflexionsanteilen über das Zerspanungsvolumen Vw ansteigen, so dass eine unmittelbare Zuordnung erfolgen kann. Weiterhin kann abgeleitet werden, dass Schleifkräfte und Refle-xionsanteile in gleichem Maße den Verschleiß der Ober-fläche während Schleifvorgängen detektieren. Zur Re-produzierbarkeit der Reflexionsanteile über einen Ab-richtvorgang zeigt die am linken Rand des Diagramms 21 dargestellte Raute den Reflexionsanteil (1,8%) einer frisch vor Beginn des Schleifvorgangs über das darge-stellte Zerspanungsvolumen abgerichteten Schleifschei-be. Das Dreieck am rechten Rand des Diagramms 21 zeigt den Reflexionsanteil (2,0 %) einer nach dem dar-gestellten Zerspanungsvolumen erneut abgerichteten Schleifscheibe. Die Unterschiede sind vernachlässigbar, so dass eine Erfassung des Schleifzustands der Schleif-scheibe über mehrere Abrichtvorgänge anhand des Refle-xionsanteils ermittelt werden kann. Bei sich über mehrere Abrichtvorgänge ändernden Reflexionsanteilen kann anhand einer erstellten Historie beispielsweise das Schleifverhalten weiter bis hin zu einer notwendigen Aus-wechslung der Schleifscheibe ausgewertet werden. Der bei jeder Abrichtung neu ermittelte Reflexionsanteil kann als Referenzwert über den gesamten Zerspanungspro-zess bis zur nächsten Abrichtung dienen.

Bezugszeichenliste

[0046]

- 1 Erfassungsvorrichtung
- 1a Erfassungsvorrichtung
- 2 Gehäuse
- 3 Kamera
- 3a Kamera
- 4 Apertur
- 5 Kameraöffnung
- 6 Deckel
- 7 Aktoreinrichtung
- 8 Reibradantrieb
- 9 Reibrad

- 9a Reibrad
- 10 Bedienfeld
- 11 Oberfläche
- 11a Oberfläche
- 5 12 Schleifscheibe
- 12a Schleifscheibe
- 13 Schleifwerkzeug
- 13a Schleifwerkzeug
- 14a Druckluftdüse
- 10 15a Ausschnitt
- 16a Lichtquelle
- 17a Domlichtaufsatz
- 18 Bild
- 18a Bild
- 15 18b Bild
- 19 Reflexion
- 19a Reflexion
- 19b Reflexion
- 20 Bildbereich
- 20 21 Diagramm
- 22 Graph
- 23 Graph
- Vw Zerspanungsvolumen
- z optische Achse

25

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatisierten Ermittlung der Schleiffähigkeit eines in einen Schleifprozess einer Schleifvorrichtung integrierten Schleifwerkzeugs (13, 13a) mit geometrisch unbestimmter Schneide, insbesondere einer um eine Drehachse angeordne-ten und drehangetriebenen Schleifscheibe (12, 12a) mittels einer in den Schleifprozess integrierten Er-fassungsvorrichtung (1, 1a) mit einem optisch zu-mindest einen Teil der topografische Oberfläche (11, 11a) des Schleifwerkzeugs (13, 13a) erfassenden Sensorsystem und einer Auswerteeinrichtung der mittels des optischen Sensorsystems erfassten Strahlung, **dadurch gekennzeichnet, dass** wäh-rend des Schleifprozesses von zumindest einem vorgegebenen mikroskopischen Ausschnitt (15a) der topografischen Oberfläche (11, 11 a) des Schleif-werkzeugs (13, 13a) von einer einzigen als optisches Sensorsystem vorgesehenen Kamera (3, 3a) unter Bestrahlung von Licht einer koaxial um die optische Achse (z) der Kamera (3, 3a) angeordneten Licht-quelle (16a) zumindest ein Bild (18, 18a) aufgenom-men wird und mittels einer als Auswerteeinrichtung vorgesehenen Bildbearbeitungseinrichtung das zu-mindest eine aufgenommene Bild (18, 18a) mit ei-nem Referenzbild verglichen und anhand des Ver-gleichs die Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs (13, 13a) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** anhand bei senkrecht zur optischen

- Achse (z) gerichteter und/oder diffuser Bestrahlung der Oberfläche (11, 11 a) unterschiedliche Bildinformationen ermittelt und ausgewertet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleiffähigkeit abhängig von einem Anteil von Reflexionsflächen an einem vorgegebenen Flächenanteil der Oberfläche (11, 11 a) ermittelt wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche (11, 11 a) des Schleifwerkzeugs (13, 13a) von der Erfassungsvorrichtung (1, 1 a) oder von einem zur Schleifvorrichtung gehörigen Antrieb an zumindest eine vorgesehene Referenzposition verlagert wird. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für einen Ermittlungsvorgang der Schleiffähigkeit ein einzelnes Bild (18, 18a) eines Teils der Oberfläche (11, 11 a) oder mehrere Bilder (18, 18a) desselben Teils oder unterschiedlicher Teile der Oberfläche (11, 11 a) aufgenommen und gemittelt werden. 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Kamera (3) eine über einen Oberflächenverlauf synchronisierte Abfolge von vielen Bildern (18, 18a) erfolgt. 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifwerkzeug (13, 13a) zur Aufnahme des zumindest einen Bilds in ein Bildfeld der Kamera verschwenkt wird. 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu erfassende Oberfläche (11, 11 a) des Schleifwerkzeugs vor einer Aufnahme des zumindest einen Bilds (18, 18b) gereinigt wird. 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein die Kamera (3) aufnehmendes Gehäuse (2) mit einer verschließbaren Kameraöffnung (5) vor einem Aufnahmevergang des zumindest einen Bildes (18, 18a) gereinigt wird. 35
10. Erfassungsvorrichtung (1, 1a) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem geschlossenen Gehäuse (2) mit einer verschließbaren Kameraöffnung (5) eine Kamera (3, 3a) mit einer koaxial zur optischen Achse (z) angeordneten Lichtquelle (16a) untergebracht ist und zur Ermittlung der Schleiffähigkeit des Schleifwerkzeugs (13, 13a) eine Bildbearbeitungseinrichtung für die von der Kamera (3, 3a) aufgenommenen Bilder (18, 18a) der Oberfläche (11, 11a) vorgesehen ist, wobei das Gehäuse 40
- (2) in die Schleifvorrichtung integriert ist. 45
11. Erfassungsvorrichtung (1, 1a) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Gehäuse (2) ein Reibradantrieb (8) zum Antrieb eines als Schleifscheibe (12, 12a) ausgebildeten und radial zu einer als Antrieb der Schleifscheibe (12, 12a) vorgesehenen Spindel bis zu einem Reibkontakt zwischen der umfangsseitigen Oberfläche (11, 11a) und einem Reibrad (9, 9a) des Reibradantriebs (8) abgesenkten Schleifwerkzeugs (13, 13a) vorgesehen ist. 50
12. Erfassungsvorrichtung (1) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (2) einen mittels einer Aktoreinrichtung (7) die Kameraöffnung (5) verschließbaren Deckel (6) aufweist. 55
13. Erfassungsvorrichtung (1, 1a) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (16a) aus über den Umfang verteilt angeordneten, eine diffuse oder zur optischen Achse (z) der Kamera (3, 3a) gerichtete Lichtstrahlung erzeugenden Leuchtdioden gebildet ist.
14. Schleifvorrichtung mit einem auf einer radial verlängerbaren, drehangetriebenen Spindel angeordneten, als Schleifscheibe (12, 12a) mit einer umfangsseitigen, als topografisch ausgebildeten, mit Schleifpartikeln besetzten Oberfläche (11, 11a) ausgebildeten Schleifwerkzeug (13, 13a) mit einer Erfassungsvorrichtung (1, 1a) nach einem der Ansprüche 10 bis 13 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

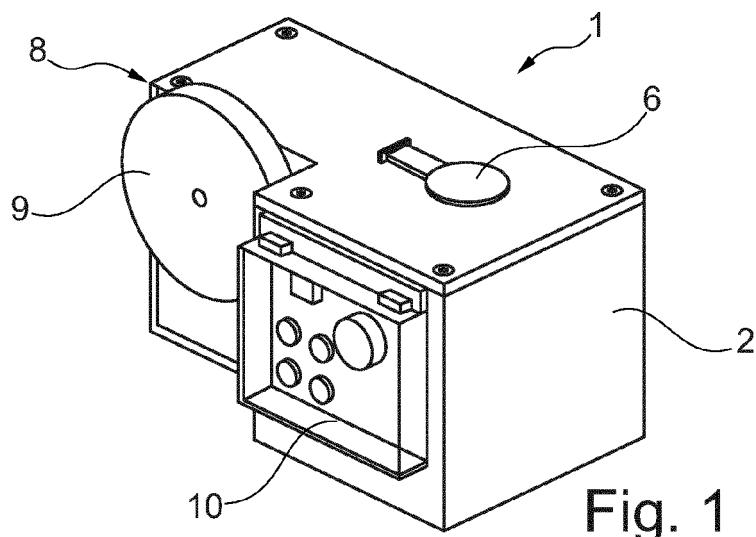


Fig. 1

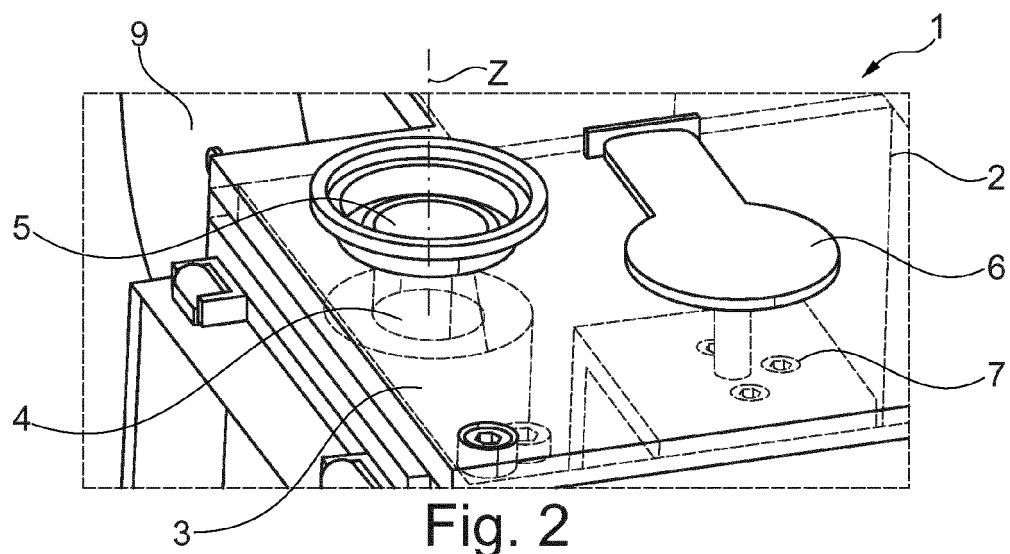


Fig. 2

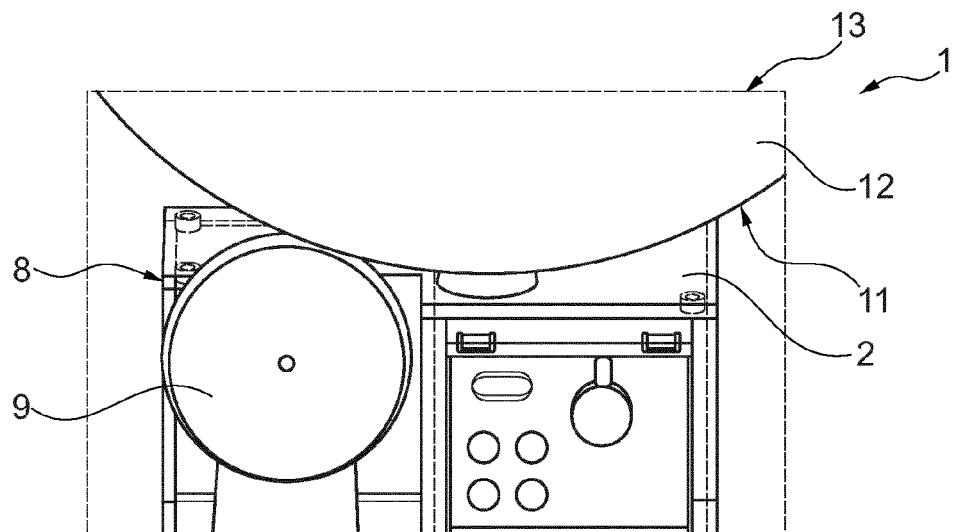


Fig. 3

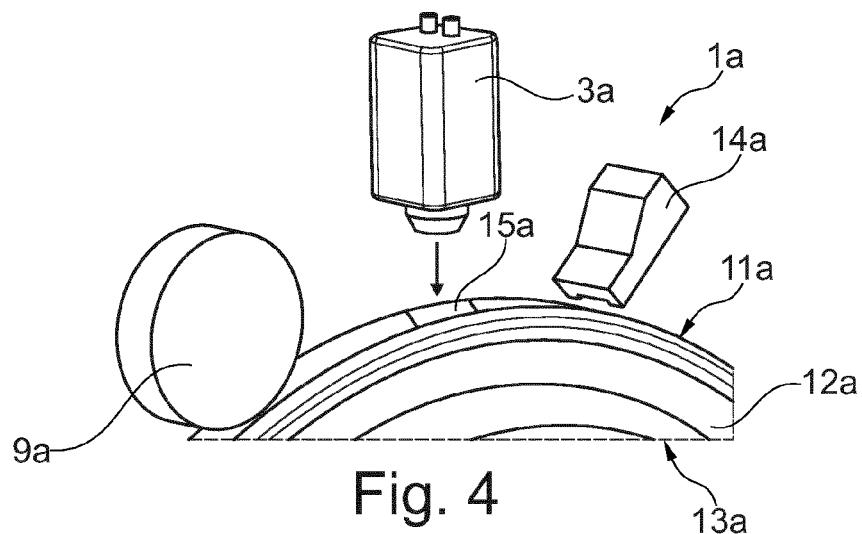


Fig. 4

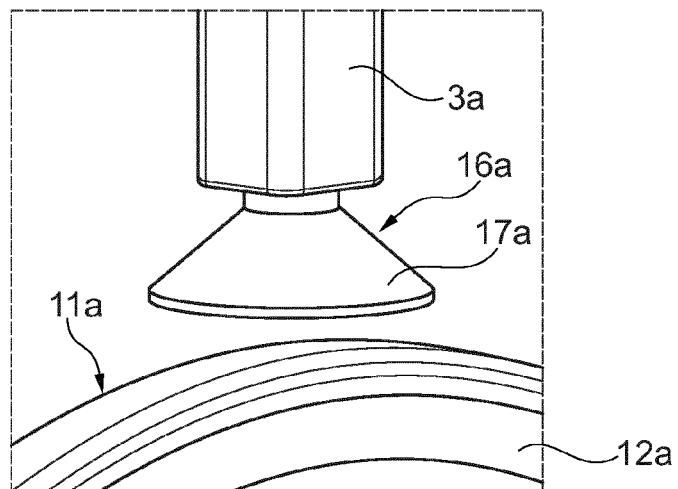


Fig. 5

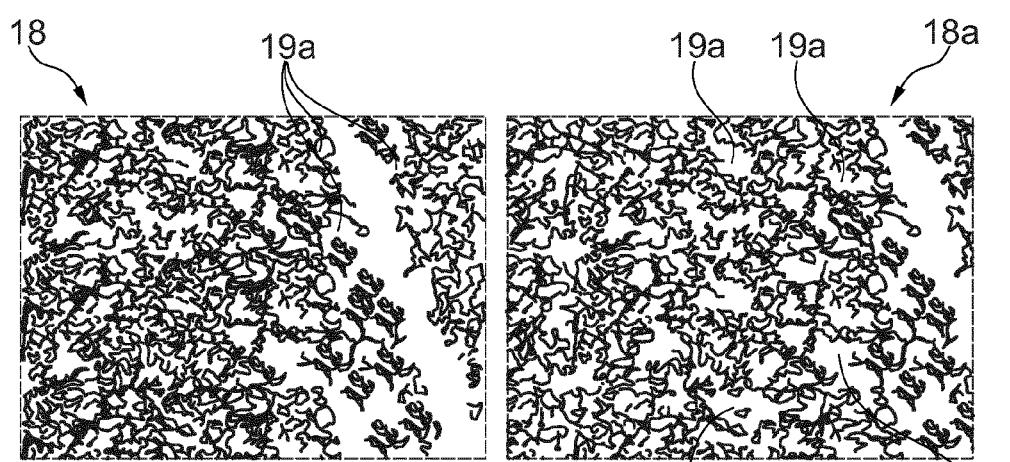


Fig. 6

Fig. 7

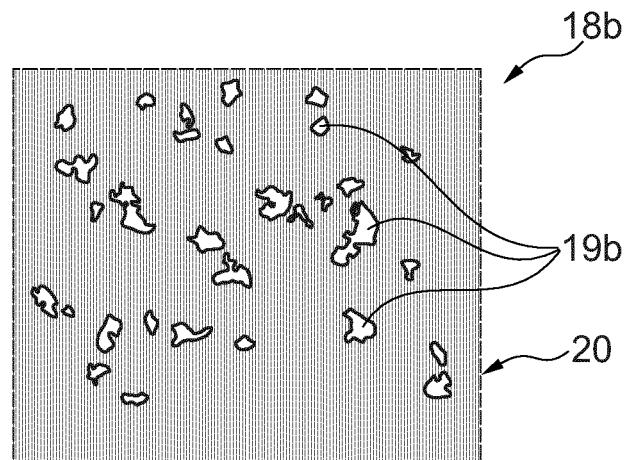


Fig. 8

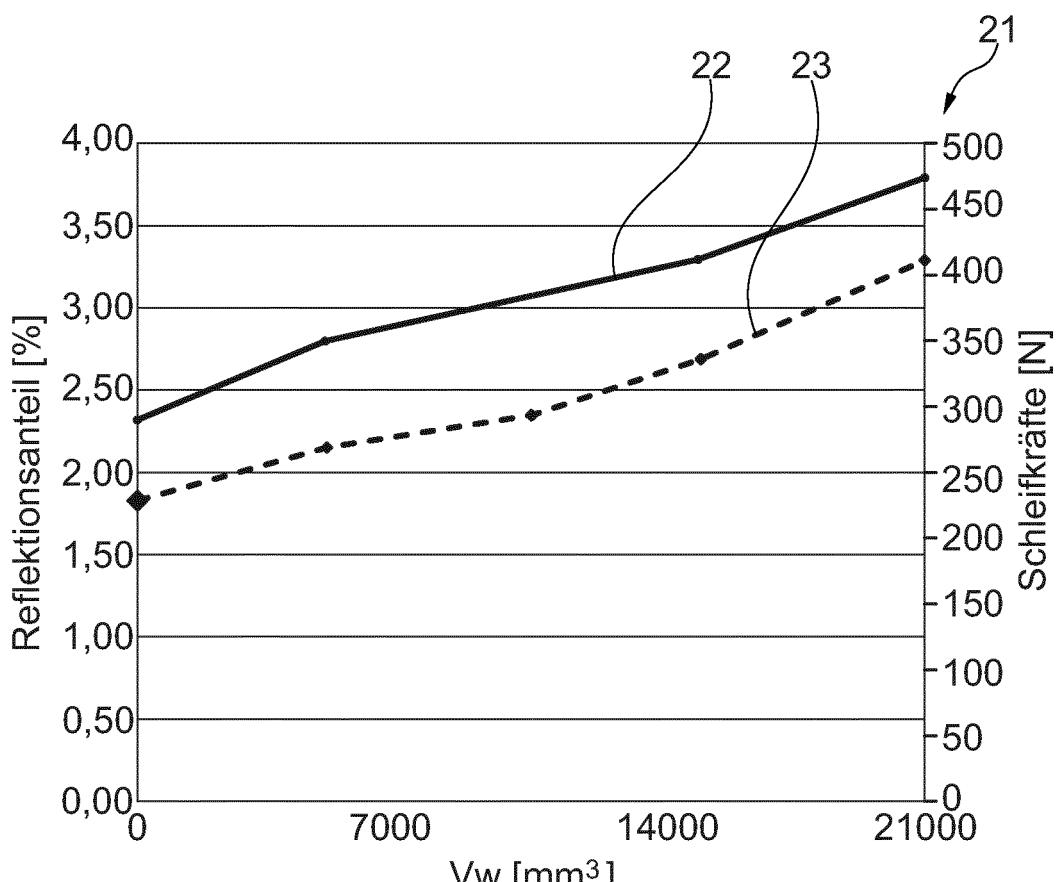


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 16 6414

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y	US 2006/254927 A1 (CHIOU WEN-CHIH [TW] ET AL) 16. November 2006 (2006-11-16) * Absatz [0032] * * Absatz [0007] *	1-14	INV. B24B49/12 B24B37/005 B24B37/11
15	Y	----- US 2007/152064 A1 (NUNNINK LAURENS [NL] ET AL) 5. Juli 2007 (2007-07-05) * Absatz [0029]; Abbildung 2 * * Abbildung 1 *	1,2,6, 9-14	
20	A	----- US 7 782 513 B1 (GLADNICK PAUL G [US]) 24. August 2010 (2010-08-24) * Spalte 5, Zeile 67 - Spalte 6, Zeile 3; Abbildung 1 *	1,2,10	
25	Y,D	----- DD 297 594 A5 (UNIV SCHILLER JENA [DE]) 16. Januar 1992 (1992-01-16) * referring to claim 1; Seite 5, Zeilen 2-5 *	2,3	
30	Y	----- DE 38 27 752 A1 (GOSEBRUCH HARALD DIPL ING [DE]) 22. Februar 1990 (1990-02-22) * bezüglich Ansp. 5, 6; Spalte 4, Zeilen 47-54 * * Spalte 3, Zeilen 36 - 49 *	4,5,7,8	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35	Y	----- US 7 884 929 B2 (SUZUKI TOMOHIRO [JP]) 8. Februar 2011 (2011-02-08) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	14	B24B
40				
45				
50	6	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	München	1. Juni 2017	Arhire, Irina	
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist		
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
	P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 16 6414

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-06-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2006254927 A1	16-11-2006	TW US	I313032 B 2006254927 A1	01-08-2009 16-11-2006
15	US 2007152064 A1	05-07-2007	KEINE		
	US 7782513 B1	24-08-2010	DE JP JP US	102010031678 A1 5465123 B2 2011033626 A 7782513 B1	10-02-2011 09-04-2014 17-02-2011 24-08-2010
20	DD 297594 A5	16-01-1992	KEINE		
	DE 3827752 A1	22-02-1990	KEINE		
25	US 7884929 B2	08-02-2011	JP KR TW US	2009231760 A 20090102678 A 200950922 A 2009244528 A1	08-10-2009 30-09-2009 16-12-2009 01-10-2009
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DD 297594 A5 [0005]