



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 604 782 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.12.2005 Patentblatt 2005/50

(51) Int Cl.7: **B24D 5/00, B24B 49/14**

(21) Anmeldenummer: **05011489.1**

(22) Anmeldetag: **27.05.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(30) Priorität: **08.06.2004 DE 102004027846**

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der angewandten Forschung e.V.
80686 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Wolter, Bernd, Dr.-Ing.
66133 Saarbrücken (DE)**
• **Kern, Rolf, Dr.rer.nat.
66571 Eppelborn-Dirmingen (DE)**
• **Kopp, Harald
66646 Marpingen (DE)**

(74) Vertreter: **Gagel, Roland
Patentanwalt Dr. Roland Gagel,
Landsberger Strasse 480a
81241 München (DE)**

(54) **Schleifwerkzeug mit integrierten mikromagnetischen Sensoren**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifscheibe, eine Schleifvorrichtung mit dem Schleifwerkzeug sowie ein Verfahren zur Überwachung eines Schleifprozesses. Das vorgeschlagene Schleifwerkzeug mit einem Grundkörper (2) und einem auf dem Grundkörper (2) aufgebracht Schleifbelag (3) weist ein oder mehrere elek-

trische Spulen (5) als mikromagnetische Sensoren auf, die im Grundkörper (2) und/oder Schleifbelag (3) integriert und/oder an diesen angebracht sind. Mit dem vorliegenden Schleifwerkzeug lässt sich der Schleifprozess zuverlässig überwachen.

EP 1 604 782 A1

Beschreibung

Technisches Anwendungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifscheibe, mit einem Grundkörper und einem auf dem Grundkörper aufgebracht Schleifbelag. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Schleifvorrichtung sowie ein Verfahren zur Überwachung eines Schleifvorganges mit einem derartigen Schleifwerkzeug.

[0002] Schleifen ist einer der wichtigsten Fertigungsprozesse in der Industrie, insbesondere bei der Herstellung hochpräziser und hochbeanspruchter Bauteile. Charakteristisch für den Schleifprozess ist das Zerspanen mit einer Vielzahl von undefinierten Schneiden, die simultan in Kontakt zum Werkstück sind, wodurch eine große Menge an Reibwärme entsteht. Durch den Schleifprozess werden plastische Verformungen und Wärme in das Werkstück eingebracht, durch die Veränderungen des Gefüges und des Eigenspannungszustands im Werkstoff hervorgerufen werden können. Der Abbau von günstigen Druckeigenspannungen in der Randzone des Werkstücks, die Ausbildung von Anlasszonen und im Extremfall von Neuhärtungszonen - bei kurzzeitigem Überschreiten der Austenitisierungstemperatur und anschließendem Abschrecken durch die Kühlflüssigkeit - sind unerwünschte Veränderungen, die beim fehlerhaften Schleifen von Werkstücken aus Stahl auftreten. Dieser sog. Schleifbrand wirkt sich auf die Wirtschaftlichkeit der Fertigungskette besonders negativ aus, da die Werkstücke durch die vorangegangenen Prozesse einen wesentlichen Wertzuwachs erfahren haben.

[0003] Konventionell wird das Schleifergebnis erst nach Abschluss des Schleifprozesses überprüft. Ein standardisiertes Verfahren zum Nachweis von Schleifbrand ist das Nitalätz-Verfahren. Bei diesem Verfahren besteht allerdings die Gefahr von Werkstoffschädigungen durch das eingesetzte Prüfmittel. Außerdem können zwar Gefügeveränderungen nicht aber der Abbau von Druckeigenspannungen nachgewiesen werden. Letzteres gelingt mit Hilfe aufwendiger Analyseverfahren, wie bspw. der Röntgendiffraktometrie, und neuerdings auch mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren auf Basis mikromagnetischer Methoden.

[0004] Zur Vermeidung von Schädigungen des Werkstückes durch den Schleifprozess wurden in der Vergangenheit auch verschiedene messtechnische Ansätze untersucht, um Prozessgrößen für die Regelung des Schleifprozesses zur Vermeidung von Werkstückschädigungen zu ermitteln. Durch die Messung derartiger Größen während des Schleifprozesses kann einerseits die Entstehung von Schleifbrand vermieden und können andererseits Ausgangsgrößen bestimmt werden, anhand derer das Ergebnis des Schleifprozesses zu einem sehr frühen Zeitpunkt bewertet werden kann. Einen Überblick über unterschiedliche bekannte Verfahren zur

Überwachung des Schleifprozesses gibt H. K. Tönshoff et al., "Process Monitoring in Grinding", in: Annals of the CIRP, Vol. 51, No. 2, 551 - 571.

[0005] Konventionelle Verfahren für die prozessintegrierte Prüfung des Schleifprozesses beschränken sich auf die so genannte In-Process-Messung von Schleifkräften und Spindelleistungen. Diese ermöglichen eine indirekte Beurteilung der Schleifbrandgefahr. Das diesen Verfahren zugrunde liegende integrale Messprinzip erlaubt allerdings keine sicheren Aussagen über evtl. lokal vorliegende Randzonenschädigungen, die in Bezug auf die Werkstückfunktion als besonders kritisch anzusehen sind.

[0006] Weiterhin sind Verfahren bekannt, bei denen Sensoren für die Messung der akustischen Emission (AE) in die Schleifscheibe integriert werden. Anhand der mit diesen Sensoren erfassten Signale können der Beginn des Schleifkontaktes detektiert und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks sowie die Schleifleistung abgeschätzt werden. Durch anschließende Frequenzanalyse des AE-Signals gelang es teilweise auch, entstandenen Schleifbrand nachzuweisen. Nachteilig an dieser Technik ist jedoch, dass die detektierten Signale durch eine Reihe von Störquellen, insbesondere Geräusche von Lagern, Kühlmittel und Umgebungsgläuschen, beeinflusst werden, die eine Interpretation der Signale erschweren. Weiterhin konnte die Frequenzanalyse von AE-Signalen zur Detektion von Schleifbrand bisher erst im Anschluss an den Schleifprozess durchgeführt werden.

[0007] Als erfolgreich erwiesen sich auch Temperaturmessungen mit in die Schleifscheibe integrierten Thermoelementen sowie der Einsatz miniaturisierter piezoelektrischer Sensoren, mit denen die an der Kontaktstelle auftretenden Tangential- und Normalkräfte sowie Vibrationen der Schleifscheibe gemessen werden. In Kombination mit Kühlflüssigkeiten auf Ölbasis, die besonders häufig beim industriellen Schleifen zum Einsatz kommen, liefern die integrierten Thermoelemente allerdings unzuverlässige Ergebnisse.

[0008] Zur Überprüfung von Werkstücken aus metallischen Werkstoffen ist es auch bekannt, Schleifschädigungen nach dem Schleifprozess mit Hilfe von mikromagnetischen zerstörungsfreien Prüfverfahren quantitativ zu erfassen. Diese mikromagnetischen Verfahren werden erfolgreich zur so genannten Post-Process-Prüfung der Randzone geschliffener Werkstücke eingesetzt. Sie dienen dem qualitativen Nachweis von Schleifbrand aber auch der quantitativen Charakterisierung von Randzoneneigenschaften nach dem Schleifen.

[0009] Aus W. A. Theiner et al., "Process Integrated Nondestructive Testing (PINT) for Evaluation of Hardness, Case Depth and Grinding Defects", in: Brusey, B. W., et al. (Ed.): Advanced Sensors for Metals Processing; Met. Soc., Quebec, 1999, 159 - 171 ist auch ein Verfahren zur prozessintegrierten Prüfung des Werkstückes während des Schleifprozesses bekannt, bei

dem ein mikromagnetischer Sensor an der Schleifvorrichtung nahe der Oberfläche des Werkstücks angeordnet wird. Eine ähnliche Anordnung mit einem externen mikromagnetischen Sensor zeigt auch die Veröffentlichung von H. K. Tönshoff et al., "Process Monitoring in Grinding Using Micromagnetic Techniques", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 15 (1999) No. 10, 694 - 698. Mit diesen Techniken ist jedoch eine Charakterisierung der Kontaktzone unmittelbar während der Bearbeitung des Werkstücks mangels Zugänglichkeit nicht möglich. Auch hier können daher lokal vorliegende Randzonenschädigungen aufgrund des integralen Messprinzips nur schwer detektiert werden.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Technik anzugeben, die eine zuverlässige prozessintegrierte Prüfung des Werkstücks während des Schleifprozesses ermöglicht.

Darstellung der Erfindung

[0011] Die Aufgabe wird mit dem Schleifwerkzeug, der Schleifvorrichtung sowie dem Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1, 12 und 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Schleifwerkzeugs, der Schleifvorrichtung sowie des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0012] Das wesentliche Merkmal der vorgeschlagenen Lösung besteht in der Integration von mikromagnetischen Sensoren in Form einer oder mehrerer elektrischer Spulen in das Schleifwerkzeug selbst. Das Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifscheibe, weist hierbei einen Grundkörper und einen auf dem Grundkörper aufgetragenen Schleifbelag auf. Die ein oder mehreren elektrischen Spulen sind im Grundkörper und/oder Schleifbelag integriert und/oder an diesen angebracht. Vorzugsweise sind diese ein oder mehreren elektrischen Spulen unterhalb der Oberfläche des Schleifbelags im Grundkörper und/oder Schleifbelag und/oder nahe der Grenzfläche zwischen dem Schleifbelag und dem Grundkörper angeordnet. Die ein oder mehreren elektrischen Spulen weisen hierbei entsprechende Anschlussleitungen auf, über die das von ihnen empfangene Signal einer Signalverarbeitungselektronik zugeführt werden kann.

[0013] Vorzugsweise ist zumindest ein Teil dieser Signalverarbeitungselektronik am Grundkörper angebracht, beispielsweise in einem mit einer Schleifscheibe als Grundkörper rotierenden Hilfsgehäuse, oder in diesen integriert. Die Signalverarbeitungselektronik kann dabei bspw. das Vorverstärken, Filtern und u. U. auch das Digitalisieren der detektierten Signale vornehmen. Die Übertragung der durch die Signalverarbeitungselektronik verarbeiteten oder vorverarbeiteten Signale erfolgt dann auf drahtlosem Wege an eine Empfangs-

einheit der Schleifvorrichtung, von der die Daten zur Weiterverarbeitung bereitgestellt werden. Entsprechende drahtlose Übertragungsverfahren zwischen zwei relativ zueinander bewegten Teilen, insbesondere der rotierenden Schleifscheibe und dem stationären Teil der Schleifvorrichtung, sind dem Fachmann bekannt. Hierfür eignen sich bspw. eine induktive Signalübertragung, eine Übertragung mittels photoempfindlicher Sensoren oder eine Übertragung mittels Schleifkontakt. Vergleichbare Techniken können auch zur drahtlosen Spannungsversorgung der am Grundkörper vorhandenen Signalverarbeitungselektronik eingesetzt werden.

[0014] Mit Hilfe der werkzeugintegrierten mikromagnetischen Sensoren können sowohl Prozessgrößen des laufenden Schleifprozesses als auch Zustandsgrößen des metallischen Werkstücks in der Kontaktzone während des Schleifens bestimmt werden. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten. Die integrierten Sensoren können insbesondere bei CBN-Schleifwerkzeugen mit keramischer Bindung eingesetzt werden, die aufgrund ihres breiten Applikationsspektrums und der vergleichsweise einfachen Einsatzvorbereitung zunehmend Anwendung finden.

[0015] Der Einsatz mikromechanischer Sensoren direkt im Schleifwerkzeug ermöglicht zum einen die Überwachung des Werkstücks während des Schleifprozesses direkt in der Kontaktzone und hat zum anderen das Potential für die Erfassung zahlreicher Prozess- und Zustandsgrößen, die für das Auftreten von Schleifschäden relevant sein können.

[0016] So lassen sich mikromagnetische Sensoren für unterschiedliche Verfahren zur Überprüfung des Werkstücks einsetzen, wie z. B. über die Erfassung des Barkhausen-Rauschens, die Erfassung der Überlagerungspermeabilität, die Oberwellenanalyse der Tangentialfeldstärke oder die Erfassung des Wirbelstroms. Mit Ausnahme der Wirbelstromtechnik basieren all diese Verfahren auf der Erzeugung und Analyse magnetischer Hysteresekurven im Werkstück. Dies erfordert eine zyklische Magnetisierung mit hoher Amplitude, die üblicherweise mit Hilfe eines elektromagnetischen Jochs erzeugt wird, das auf die Oberfläche des zu untersuchenden Werkstücks aufgesetzt wird. Die begrenzte Magnetisierungsfrequenz beschränkt jedoch die maximal mögliche Messgeschwindigkeit. Das Magnetisierungsjoch verhindert auch die Konstruktion kleiner, einfach zu integrierender Sensoren.

[0017] Demgegenüber sind bei der Wirbelstromtechnik zyklische Magnetisierungen nur geringer Amplitude erforderlich. Typische Sensoren hierfür sind kleine Aufsatzspulen, die in unkomplizierter Weise auch unter schwierigen Einbaubedingungen eingesetzt werden können. Beim vorliegenden Schleifwerkzeug werden daher bevorzugt als Wirbelstromsensoren geeignete elektrische Spulen in das Schleifwerkzeug integriert. Diese Spulen können in den Grundkörper des Schleifwerkzeugs, unterhalb des Schleifbelags oder auch im Schleifbelag integriert eingebaut werden. Durch Einsatz

eines Wirbelstrom-Mehrfrequenzverfahrens ist es möglich, die Signaleinflüsse unterschiedlicher Prozess-, Zustands- und Störgrößen bei der Auswertung der Messdaten zu trennen.

[0018] Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, Sensorik und Elektronik so anzupassen, dass mit den integrierten Sensoren neben den Wirbelstrom-Messgrößen auch weitere mikromagnetische Messgrößen aufgenommen werden können. Wie oben erläutert, ist hierfür eine zyklische Magnetisierung des Werkstücks in der Kontaktzone erforderlich. Dies kann bspw. durch eine externe, in die Werkstückhalterung der Schleifmaschine integrierte Magnetisierungsvorrichtung realisiert werden. Weiterhin lässt sich eine zyklische Magnetisierung des Werkstücks auch durch eine geeignete Anordnung von Permanentmagneten in dem relativ zum Werkstück bewegten Schleifwerkzeug, insbesondere einer rotierenden Schleifscheibe, umsetzen.

[0019] Die Auswertung der von den integrierten mikromagnetischen Sensoren erfassten Messgrößen kann mit bekannten Verfahren durchgeführt werden, wie sie aus der Post-Process-Prüfung von Werkstücken bekannt sind. So sind mikromagnetische Messgrößen, wie etwa die Wirbelstromimpedanz, abhängig von der elektrischen Leitfähigkeit und der magnetischen Permeabilität im Werkstoff. Beide Werkstoffeigenschaften sind stark temperaturabhängig. Daher können diese mikromagnetischen Messgrößen für die kontinuierliche berührungslose Temperaturmessung in metallischen Werkstoffen genutzt werden. Die Schleiftemperatur in der Kontaktzone ist somit eine erste Prozessgröße, die mit Hilfe der in das Schleifwerkzeug integrierten mikromagnetischen Sensoren während des Schleifprozesses bestimmt werden kann.

[0020] Der große Unterschied in den Werten der Leitfähigkeit und der magnetischen Permeabilität zwischen dem nichtmetallischen Schleifbelag, - bei BNC-Belägen: Bornitrit-Körner in Keramikmatrix - und metallischem Schleifabtrag ermöglicht die Bestimmung einer weiteren Prozessgröße für den Zustand des Schleifbelags. Hierbei wird ausgenutzt, dass die mikromagnetischen Messgrößen durch die Verschmutzung bzw. das Zusetzen des Schleifbelags mit Schleifabtrag beeinflusst werden, wenn die rotierende Schleifscheibe nicht im Kontakt zum Werkstück ist. Aus den Messsignalen kann dann auch das Zusetzen des Schleifbelags abgeleitet werden.

[0021] Ein weiterer Einflussfaktor auf die mikromagnetischen Messgrößen ist der Abstand zwischen dem mikromagnetischen Sensor und der Oberfläche des metallischen Werkstücks. Dieser Zusammenhang wurde in der Vergangenheit genutzt, um mit externen mikromagnetischen Sensoren die Veränderung des Durchmessers zylindrischer Werkstücke während des Schleifens hochpräzise zu messen. Ist der Sensor in dem Schleifwerkzeug integriert, so kann der Verschleiß des Schleifbelags und/oder der Schleifabtrag im Werkstück anhand der Bestimmung des Abstandes zwischen

Sensor und Werkstück kontinuierlich überwacht werden.

[0022] Mit Hilfe der in das Schleifwerkzeug integrierten mikromagnetischen Sensoren können nicht nur die oben genannten Prozessgrößen bestimmt, sondern auch die Randzoneneigenschaften des Werkstücks und deren Veränderungen während des Schleifens detailliert analysiert werden. Anhand der mikromagnetischen Messgrößen können, wie dies aus den Post-Process-Prüfungen bekannt ist, Werkstückgrößen, wie die Oberflächenhärte, die Einhärtungstiefe, der Eigenspannungszustand und der Restaustenitgehalt quantitativ erfasst sowie lokal aufgetretene Schleiffehler wie Anlaspzonen, Neuhärtungszonen und Schleifrisse nachgewiesen werden. Die entsprechenden Messgrößen können hierbei simultan erfasst und gleichzeitig der Einfluss von Störgrößen unterdrückt werden, indem die Informationsinhalte unterschiedlicher mikromagnetischer Messgrößen mittels Regressionsverfahren verknüpft werden (Multiparameter-Analyse). Diese Verknüpfung von Messgrößen ist auch dann möglich, wenn ausschließlich die Wirbelstrommethode als Mehrfrequenzverfahren zum Einsatz kommt. Basierend auf der Multiparameter-Analyse können neben den Zustandsgrößen auch verschiedene Prozessgrößen simultan ermittelt werden.

[0023] In das Schleifwerkzeug integrierte mikromagnetische Sensoren in Kombination mit der oben beschriebenen Multiparameter-Analyse ermöglichen somit die simultane Messung verschiedener Prozess- und Zustandsgrößen in der Kontaktzone. Auf diese Weise wird es erstmals möglich, detaillierte Informationen über den Schleifprozess und das Schleifergebnis unmittelbar während des Schleifvorgangs zu erhalten und anhand dieser Informationen den Schleifvorgang qualitätsgesichert zu überwachen und zu steuern oder zu regeln, d. h. eine automatische Justierung bzw. Korrektur der Einstellparameter des Schleifwerkzeugs auf Basis von Messsignalen der in das Schleifwerkzeug integrierten mikromagnetischen Sensoren durchzuführen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Das vorliegende Schleifwerkzeug wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Schleifscheibe mit segmentiertem Schleifbelag und angeflanschem Gehäuse für die Integration einer Elektronikbaugruppe;

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel für die Integration einer elektrischen Spule in das Schleifwerkzeug;

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Inte-

gration einer elektrischen Spule in das Schleifwerkzeug;

Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel für die Integration einer elektrischen Spule in das Schleifwerkzeug;

Fig. 5 ein viertes Ausführungsbeispiel für die Integration einer elektrischen Spule in das Schleifwerkzeug;

Fig. 6 ein fünftes Ausführungsbeispiel für die Integration von elektrischen Spulen in das Schleifwerkzeug; und

Fig. 7 ein sechstes Ausführungsbeispiel für die Integration einer elektrischen Spule in das Schleifwerkzeug.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0025] Figur 1 zeigt beispielhaft einen Aufbau eines Schleifwerkzeugs, im vorliegenden Beispiel einer Schleifscheibe 1, die gemäß der vorliegenden Erfindung ausgestaltet sein kann. Die dargestellte Schleifscheibe 1 setzt sich aus einem scheibenförmigen Grundkörper 2 mit einem darauf aufgebracht umlaufenden Schleifbelag 3 zusammen. Der Schleifbelag 3 ist segmentiert ausgeführt, d. h. aus einzelnen Schleifbelagsegmenten 4 zusammengesetzt, wie dies aus der Figur 1 ersichtlich ist. An einer Seite der Schleifscheibe 1 ist ein Gehäuse 8 angeflanscht, in das eine Elektronik-Baugruppe 7 zur Signalverarbeitung der von den nicht dargestellten elektrischen Spulen übermittelten Signale integriert ist.

[0026] Die ein oder mehreren elektrischen Spulen können in unterschiedlicher Weise in die Schleifscheibe 1 integriert sein. Figur 2 zeigt hierzu ein Beispiel, bei dem die elektrische Spule 5 als rechteckige Zylinderspule ausgebildet ist, die um den unteren Bereich eines Schleifbelagsegmentes 4 gewickelt ist. Die Spule 5 ist über Anschlussleitungen 6, ebenso wie bei den nachfolgenden Ausführungsbeispielen, mit der Elektronik-Baugruppe verbunden. Diese Elektronik-Baugruppe dient vor allem dem Vorverstärken, Filtern und optional auch dem Digitalisieren der detektierten Signale. Die von der Elektronik-Baugruppe erzeugten analogen bzw. digitalisierten Signale werden dann mittels einer nicht dargestellten Telemetrieinrichtung an eine externe Elektroneinheit weitergeleitet und dort weiterverarbeitet und ausgewertet. Zur drahtlosen Signalübertragung kommen verschiedene Ansätze in Frage, bspw. eine Übertragung mittels Schleifkontakt, eine induktive Signalübertragung oder eine Übertragung digitalisierter Signale mittels photoempfindlicher Sensoren.

[0027] Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel für die Integration einer elektrischen Spule 5 in die Schleifscheibe 1. Bei diesem Beispiel ist die elektrische Spule 5 als

rechteckige Flachspule an der Unterseite eines Schleifbelagsegments 4 angebracht. In gleicher Weise besteht selbstverständlich die Möglichkeit, auch andere Spulenformen, wie bspw. die kreisrunde Flachspule der Figur 4, an der Unterseite eines Segments 4 anzubringen.

[0028] Figur 5 zeigt ein Beispiel für den Einsatz einer kreisrunden Zylinderspule 5 mit einem Ferrit-Kern 9. Der Ferrit-Kern 9 durchstößt hierbei das Segment 4 des Schleifbelags 3. Die Zylinderspule 5 selbst ist an der Unterseite des Segments 4 ausgebildet.

[0029] Mit den beispielhaften Ausgestaltungen der vorangehenden Figuren lassen sich selbstverständlich auch mehrere Spulen 5 in die Schleifscheibe 1 integrieren, indem an mehreren Segmenten 4 des Schleifbelags 3 Spulen 5 angebracht werden. In gleicher Weise ist es selbstverständlich möglich, die Spulen 5 als Flachspulen auf die Begrenzungsfläche des Trägerkörpers 2 unterhalb des Schleifbelags 3 aufzubringen. Weiterhin lassen sich innerhalb der von einem Segment 4 des Schleifbelags 3 eingenommenen Fläche auch mehrere elektrische Spulen 5 anbringen. Figur 6 zeigt hierzu die Ausbildung eines Arrays aus kreisrunden Flachspulen 5 an der Unterseite eines Segments 4.

[0030] Eine weitere mögliche Ausbildung der elektrischen Spulen 5 ist in der Figur 7 dargestellt. Bei dieser Ausgestaltung ist eine elektrische Spule als mäanderförmige Flachspule 5 auf der Begrenzungsfläche des Trägerkörpers 2 unterhalb des Schleifbelags 3 angebracht. Die Spule 5 erstreckt sich hierbei über mehrere Segmente 4.

Bezugszeichenliste

[0031]

- 1 Schleifscheibe
- 2 Grundkörper
- 3 Schleifbelag
- 4 Segmente des Schleifbelags
- 5 elektrische Spule
- 6 Anschlussleitungen
- 7 Elektronik-Baugruppe
- 8 Gehäuse für Elektronik-Baugruppe
- 9 Ferrit-Kern

Patentansprüche

1. Schleifwerkzeug, insbesondere Schleifscheibe, mit einem Grundkörper (2) und einem auf dem Grundkörper (2) aufgebracht Schleifbelag (3),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein oder mehrere elektrische Spulen (5) als mikromagnetische Sensoren im Grundkörper (2) und/oder Schleifbelag (3) integriert und/oder an diesen angebracht sind.
2. Schleifwerkzeug nach Anspruch 1,

- dadurch gekennzeichnet,**
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) über Anschlussleitungen (6) mit einer am Grundkörper (2) angebrachten oder in den Grundkörper (2) integrierten Signalverarbeitungselektronik (7) verbunden sind. 5
3. Schleifwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) an einer dem Schleifbelag (3) zugewandten Begrenzungsfläche des Grundkörpers (2) angebracht und/oder in diesen integriert sind. 10
4. Schleifwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) an einer Unterseite des Schleifbelags (3) angebracht und/oder in diesen integriert sind. 15
5. Schleifwerkzeug nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schleifbelag (3) aus mehreren Segmenten (4) zusammengesetzt ist. 20
6. Schleifwerkzeug nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) um die Segmente (4) gewickelt sind. 25
7. Schleifwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) als Flachspulen ausgebildet sind. 30
8. Schleifwerkzeug nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrischen Spulen (5) als Array von Flachspulen an der Unterseite zumindest eines der Segmente (4) angebracht sind. 35
9. Schleifwerkzeug nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schleifbelag (3) aus mehreren Segmenten (4) zusammengesetzt ist, wobei die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) als mäanderförmige Flachspulen ausgebildet sind und sich über mehrere Segmente (4) erstrecken. 40
10. Schleifwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ein oder mehreren elektrischen Spulen (5) als Zylinderspulen mit einem Ferrit-Kern ausgebildet sind, der vollständig in den Schleifbelag (3) integriert ist. 45
11. Schleifwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 10, 50
- dadurch gekennzeichnet,**
dass ein oder mehrere Permanentmagnete in den Grundkörper (2) und/oder Schleifbelag (3) integriert sind.
12. Schleifvorrichtung mit einer Werkstückhalterung und einem Schleifwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der eine Einrichtung zur Erzeugung eines Wechsel-Magnetfeldes im Bereich einer Kontaktzone des Werkstücks mit dem Schleifwerkzeug (1) in die Werkstückhalterung integriert oder an der Werkstückhalterung befestigt ist.
13. Verfahren zur Überwachung eines Schleifprozesses, bei dem ein Schleifwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 eingesetzt und von den elektrischen Spulen (5) des Schleifwerkzeugs (1) erhaltene Signale ausgewertet werden.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) zur berührungslosen Temperaturmessung in metallischen Werkstoffen genutzt werden. 25
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) zur Überwachung des Zusetzens des Schleifbelags mit Schleifspänen genutzt werden. 30
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) zur Überwachung des Schleifabtrags im Werkstück genutzt werden. 35
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) zur Überwachung der Oberflächenhärte, der Einhärtungstiefe, des Eigenspannungszustands und des Restaustenitgehalts im Werkstück sowie zum Nachweis und/oder zur quantitativen Charakterisierung von Schleiffehlern genutzt werden. 40
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schleifprozess auf Basis von Messsignalen der mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) gesteuert oder geregelt wird. 50
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Werkstück während des Schleifprozesses zyklisch magnetisiert wird, um mit den mikromagnetischen Sensoren des Schleifwerkzeugs (1) weitere mikromagnetische Messgrößen zu erhalten, wobei die zyklische Magnetisierung durch in das Schleifwerkzeug (1) integrierte Sensoren mit Wechselfeldmagneten (Elektromagneten) oder durch eine geeignete Anordnung von in das Schleifwerkzeug (1) integrierten Permanentmagneten oder durch eine externe in die Werkstückhalterung integrierte Magnetisierungsvorrichtung auf Basis von Wechselfeldmagneten (Elektromagneten) erfolgt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

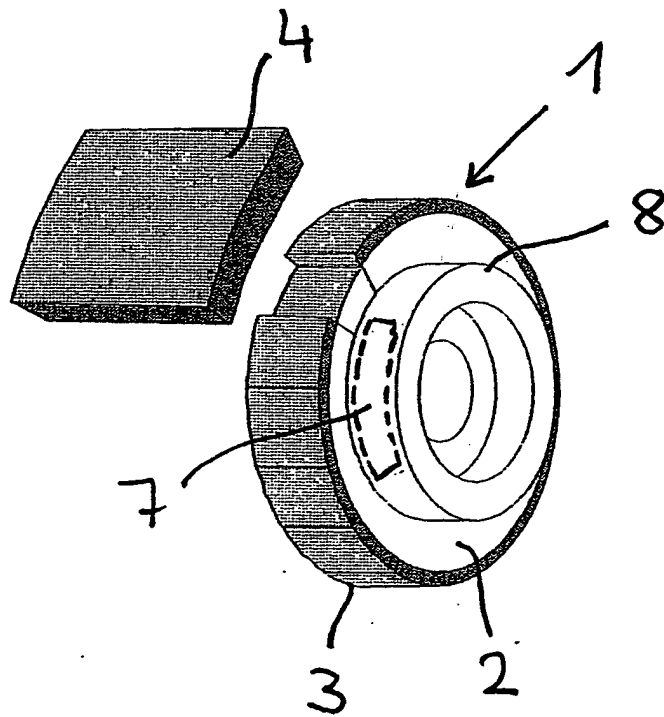
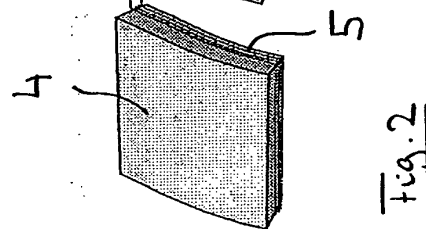
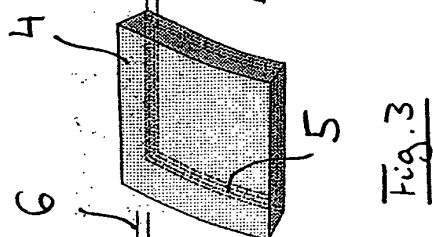
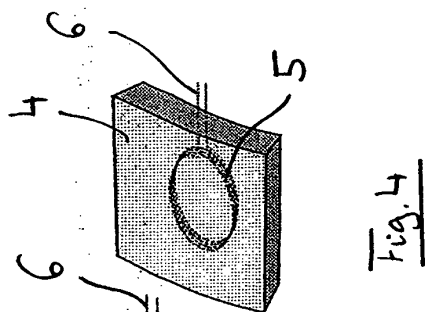
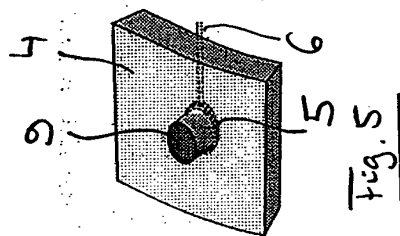
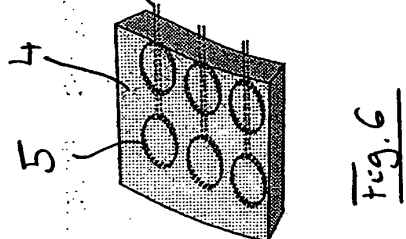
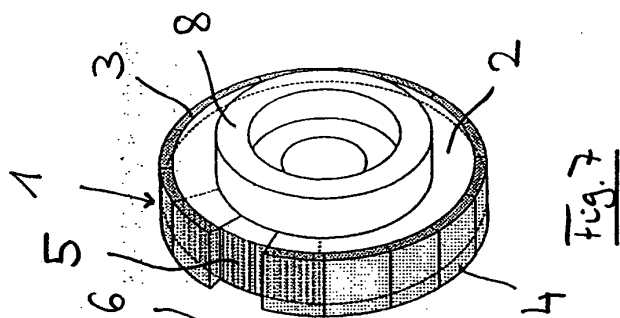


Fig. 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 1489

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 6 602 109 B1 (MALKIN STEPHEN ET AL) 5. August 2003 (2003-08-05) * das ganze Dokument *	1-19	B24D5/00 B24B49/14
X	US 2003/194946 A1 (MALKIN STEPHEN ET AL) 16. Oktober 2003 (2003-10-16) * das ganze Dokument *	1-19	
X	US 4 502 253 A (LORENZI ET AL) 5. März 1985 (1985-03-05) * Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 5, Zeile 33 *	1,13 2-12, 14-19	
A			
X	US 4 633 620 A (LORENZI ET AL) 6. Januar 1987 (1987-01-06) * Spalte 5, Zeile 10 - Zeile 25 *	1,13 2-12, 14-19	
A			
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24D B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. September 2005	Prüfer Eschbach, D
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 01 1489

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.

23-09-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6602109 B1	05-08-2003	US 2003194946 A1	16-10-2003
US 2003194946 A1	16-10-2003	US 6602109 B1	05-08-2003
US 4502253 A	05-03-1985	CA 1198297 A1	24-12-1985
		DE 3378378 D1	08-12-1988
		EP 0103141 A2	21-03-1984
		JP 59085905 A	18-05-1984
US 4633620 A	06-01-1987	KEINE	

EPO FORM P0461

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