

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3627796 C1

⑳ Aktenzeichen: P 36 27 796.7-52
㉑ Anmeldetag: 16. 8. 86
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 10. 87

⑤1 Int. Cl. 4:
G 01 N 29/04
G 01 H 11/08
G 01 M 13/00
B 23 Q 17/09

Behördenamt

DE 3627796 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Nordmann, Klaus, Dipl.-Ing., 5000 Köln, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Patentinhaber

⑤6 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-AS 16 48 731
DE-OS 16 48 765
DD 2 06 586
EP 01 19 096
EP 00 87 813
EP 00 81 513

Patent Abstracts of Japan Appl. No. 50-90 121, 25.
Juli 1975;
Patent Abstracts of Japan Appl. No. 50-129616, 30.
April 1977;
Patent Abstracts of Japan Appl. No. 50-129617, 28.
Oktober 1975;
US-Z.: Hewlett-Packard Journal, Dezember 1984,
S. 4-11;
Patent Abstracts of Japan Appl. No. 59-46899,
21.02.1986;

⑤4 Vorrichtung zur Zustands- und Bruchüberwachung von rotierenden Werkzeugen mit Körperschallmessungen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Zustands- und Bruchüberwachung von rotierenden Werkzeugen, insbesondere Bohrern, und Fräsern, mit Hilfe von Körperschallmessungen, die das von dem Werkzeug erzeugte Körperschallsignal mit mindestens einem Körperschallsensorelement über eine im Betriebsstoffkreislauf der Maschine vorhandene Flüssigkeit wie Kühlschmierstoff von dem bewegten Werkzeug oder dessen Halterung aufnimmt.

Der Vorteil der Erfindung liegt in der sozusagen berührungslosen und gleichmäßigen Ankopplung des Körperschallsensors direkt am Werkzeug. Hierdurch wird insbesondere die Messung der verschleißbedingten Veränderung des Bearbeitungsgeräusches und der Schallemission des Werkzeugbruchs an mehrspindligen Bohrköpfen ermöglicht.

Der Körperschallsensor beeinträchtigt in einer Ausführung als Kühlschmierstoffdüse bei der Bohrer- und Fräserüberwachung nicht den Arbeitsraum der Maschine, da er die Funktionen Kühlschmierung und Messen gleichzeitig erfüllt. In einer Miniaturausführung läßt er sich in handelsübliche Kühlschmierstoffdüsen oder Kühlschmierstoffzuleitungen integrieren. Mit einem ringförmigen Gehäuse ist er an rotierenden glatten Werkzeugschäften und Antriebsspindeln einsetzbar.

DE 3627796 C1

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Zustands- und Bruchüberwachung von rotierenden Werkzeugen, insbesondere Bohrern und Fräsern, welche mit mindestens einem Körperschallsensorelement das Körperschallsignal des Bearbeitungsprozesses bzw. des Werkzeugbruches empfängt, **dadurch gekennzeichnet**, daß ausschließlich das von dem Werkzeug erzeugte Körperschallsignal durch eine körper- bzw. ultraschallmäßig direkte Ankopplung des piezoelektrischen Körperschallsensors an das gegenüber dem Körperschallsensor bewegte Werkzeug oder dessen Spannfutter über eine bereits im Betriebsstoffkreislauf der Maschine vorhandene Flüssigkeit aufgenommen wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschallsensor gleichzeitig als Kühlschmierstoffdüse für das Werkzeug ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorgehäuse als Ringkörper mit einer flachen Innennut ausgebildet ist, wobei durch den Ringkörper das Maschinenelement, von dem der Körperschall aufgenommen wird, drehbar und/oder verschiebbar gelagert umfaßt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Körperschallsensor vollständig in die Kühlschmierstoffdüse oder Kühlschmierstoffzuleitung einer Werkzeugmaschine integriert ist.

Beschreibung

Die Erfindung geht von einer Vorrichtung der Gattung des Anspruchs 1 aus.

Durch die EP-OS 01 65 482, die EP-PS 00 77 789 und die JP-OS 60-1 90 857 sind Verfahren zur Verschleiß- und Brucherkenung von Werkzeugen wie Bohrern und Fräsern auf der Basis von Körperschallmessungen bekannt. Unter Körperschall wird hierbei die durch den Bearbeitungsprozeß oder einen Werkzeugbruch erzeugte Schallemission, welche sich in dem Werkzeug, Werkstück und den angrenzenden Maschinenelementen ausbreitet, verstanden.

Die Anmelder der genannten Schriften verkaufen entsprechende Bohrer- und Fräserbruchüberwachungsgeräte, so daß bereits Erfahrungen zur Funktionsfähigkeit dieser Verfahren gemacht werden konnten.

Bei diesen Verfahren wird der Körperschallsensor fest an nicht rotierenden Teilen der Werkzeugmaschine angebracht. Diese sind

- a) die Werkstückaufspannung oder das Werkstück (EP-OS 01 65 482) oder
- b) das Spindelgehäuse der Bohr- und Frässpindel (EP-OS 01 65 482, JP-OS 60-1 90 857 und EP-PS 00 77 789).

Veränderungen des gemessenen Körperschalls mit dem Verschleiß oder Bruch der Werkzeuge werden zur Erkennung des Werkzeugzustandes herangezogen.

Der Körperschall muß hierbei vor der Ankunft am Sensor folgende Wege nehmen:

Zu a): Im Moment des Bohrerbruches werden durch die freiwerdenden Versetzungsspannungen von den Bruchflächen ausgehend hochfrequente Körperschallsignale emittiert, die ihren Weg über die Kontaktstelle Werkzeug/Werkstück und ggfs. zusätzlich über die

Kontaktstelle Werkstück/Werkstückaufspannung nehmen müssen, wenn der Sensor an der Werkstückaufspannung bzw. auf dem Werkstücktisch montiert ist.

In diesen Kontaktzonen wird der Körperschall teilweise reflektiert, so daß die Größe der Kontaktflächen und die herrschenden Kontaktkräfte die Intensität des übertragenen Körperschalls bestimmen.

Zwischen Werkzeug und Werkstück ändern sich während der Werkstückbearbeitung die Kontaktverhältnisse aber ständig; zwischen Werkstück und Werkstückaufspannung ändern sich die Kontaktverhältnisse nach jedem Werkstückwechsel. Hierdurch werden unterschiedlich hohe Körperschallintensitäten übertragen, was gleichbedeutend mit einer schlechten Reproduzierbarkeit ist. Die Reproduzierbarkeit ist aber für die in der EP-OS 01 65 482 beschriebene Überwachungsstrategie mit festen Körperschallamplituden-Grenzwerten, bei deren Überschreitung ein Bruchalarm erzeugt wird, von besonderer Bedeutung.

Die EP-OS 01 65 482 beschreibt ein Verfahren, welches das hochfrequente Körperschallsignal des Bohrerbruchs zur Brucherkenung heranzieht. Es ist somit das Nutzsignal. Das normale Bearbeitungsgeräusch beim Bohren ist jedoch als Störsignal zu werten, da es durch Spanbruch und Reiben des Bohrers mit den Spänen im Bohrloch dem Bruchsignal ähnliche Signale beinhalten kann, die fälschlicherweise durch die elektronische Überwachungseinrichtung als Bohrerbruch interpretiert werden können. Bei einer werkstückseitigen Sensorankopplung gemäß der EP-OS 01 65 482 muß das Körperschallsignal des Bohrerbruchs gegenüber dem Bearbeitungsgeräusch zusätzlich die Kontaktstelle Werkzeug/Werkstück überwinden, wodurch die Intensität des am Werkstück gemessenen Bruchsignals durch teilweise Reflektion an der Kontaktstelle Werkzeug/Werkstück gegenüber dem Bearbeitungsgeräusch, welches bereits im Werkstück durch Spanbruch und Reiben des Bohrers im Bohrloch entsteht, abnimmt.

Es ist zudem fraglich, ob der Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück besonders bei einer dem Bruch vorausgehenden Bohrerschwingung die nötige Gleichmäßigkeit für eine reproduzierbare Schalleinleitung in das Werkstück aufweist.

Die bei der Werkstückbearbeitung erzeugten Störsignale erlauben nur in eingeschränktem Maße die Überwachung von mehrspindligen Bohrköpfen. Das Bruchgeräusch eines einzelnen Bohrers geht hier leicht im hohen Störpegel der Bearbeitungsgeräusche der gleichzeitig spanenden Werkzeuge unter.

Zu b): Das Bearbeitungsgeräusch und die Schallemission des Werkzeugbruches nehmen ihren Weg über die Kontaktstellen Werkzeug/Spannfutter/Spindel/Spindellagerung/Spindelgehäuse, bevor sie den Schallsensor am Spindelgehäuse erreichen. In der Spindellagerung werden zusätzlich Laufgeräusche beigemischt. Folglich liegt hier ein relativ ungünstiges Nutz-/Störsignalverhältnis vor, wenn das Bearbeitungsgeräusch oder die Schallemission des Bohrerbruches als Nutzsignal und die Laufgeräusche der Spindellagerung, welche keine Informationen zur Verschleiß- und Brucherkenung enthalten, als Störsignal bezeichnet werden. Außerdem ändern sich die Kontaktverhältnisse in der Spindellagerung mit der Spindelumdrehung, der Werkzeugbelastung und infolge von Temperaturdehnungen, worunter die Reproduzierbarkeit der Nutzsignalübertragung leidet.

Bei den Verfahren, die in der JP-OS 60-1 90 857 und auch in der bereits genannten EP-OS 01 65 482 be-

geschrieben sind, wird der Körperschallaufnehmer am Spindelgehäuse der Bohrspindel befestigt. Die genannten Verfahren dienen zur Erkennung von "Abnormalities" und von Werkzeugbruch, aber auch sie sind wegen der Vorgabe fester Grenzwerte auf eine reproduzierbare Nutzsinalübertragung angewiesen.

Das in der EP-PS 00 77 789 beschriebene Überwachungsgerät ist auf eine Messung und Auswertung des Bearbeitungsgeräusches beim Bohren und Fräsen ausgelegt, um Verschleiß und Bruch der Werkzeuge an den Veränderungen der Meßsignale zu erkennen. Der Körperschall muß auch hier wie bei der JP-OS 60-1 90 857 den Weg über die Spindellagerung unter Inkaufnahme der genannten Nachteile nehmen.

Ein den Verfahren a) und b) gemeinsamer Nachteil ist somit ein in Abhängigkeit von der Überwachungsaufgabe (Maschineneinfluß, Werkstückeinfluß) stark schwankendes Nutz-/Störsignalverhältnis und eine unwägbar reproduzierbarkeit.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde eine Meßmethode zu schaffen, die eine höhere Reproduzierbarkeit und ein besseres Nutz-/Störsignalverhältnis unabhängig vom Maschinentyp und vom Werkstück bzw. dessen Aufspannung gewährleistet.

Eine Verbesserung ist dadurch zu erreichen, daß

1. der Körperschallsensor näher an der Körperschallquelle in immer gleicher Weise angekoppelt wird und
2. die Anzahl der Kontaktstellen, die das Nutzsignal im Vergleich zum Störsignal auf dem Weg zum Sensor überwinden muß, geringer wird.

Bei einer direkten Ankopplung des Körperschallsensors am Werkzeug würden bezüglich des Verfahrens a) (EP-OS 01 65 482) folgende Verbesserungen erzielt:

Das Körperschallsignal des Bohrerbruchs müßte nicht die Kontaktstelle Werkzeug/Werkstück unter Reflektionsverlusten überwinden, sondern würde unmittelbar vom Sensor aufgenommen. Hingegen müßte der durch Spanbruch erzeugte Anteil des Bearbeitungsgeräusches, der bei der Brucherkenntnis ein Störsignal darstellt, die Kontaktstelle Werkstück/Werkzeug unter Reflektionsverlusten passieren, bevor er am Sensor ankommt.

Bei der werkzeugseitigen Ankopplung wäre somit ein wesentlich besseres Nutz-/Störsignalverhältnis und zusätzlich eine höhere Reproduzierbarkeit der Messung gegeben, wenn es gelingen würde den Körperschallsensor direkt an der Schallquelle, dem rotierenden Werkzeug, anzukoppeln.

Auch eine Auswertung des Bearbeitungsgeräusches gemäß der EP-PS 00 77 789 würde offensichtlich wegen der wegfallenden veränderlichen Kontaktstellen wesentlich verbessert, wenn es direkt am Werkzeug gemessen würde.

Die Aufgabe einer zur Messung des Nutzsignals günstigeren Sensorankopplung wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Ein piezoelektrisches Sensorelement wird über eine im Betriebsstoffkreislauf der Maschine vorhandene und ständig zugeführte Flüssigkeit an das rotierende Werkzeug bzw. dessen Spannfutter oder Spindel angekoppelt. Hierbei kommen Flüssigkeiten wie Kühlschmierstoff auf Öl- oder/und Wasserbasis zum Einsatz, die sich sehr viel besser als z. B. Luft zur Übertragung hochfrequenter Schallwellen eignen. Außerdem sind diese Flüssigkeiten

bereits im Betriebsstoffkreislauf einer Werkzeugmaschine vorhanden, so daß zusätzliche Aggregate und Vorrichtungen zur Bereitstellung und zum Auffangen einer Ankopplungsflüssigkeit entfallen. Aufgrund des großen Unterschiedes zwischen dem Schallwellenwiderstand von Luft und Flüssigkeiten — wie z. B. Kühlschmierstoff — wird im Umfeld des Sensors von benachbarten Werkzeugen erzeugter Luftschall von der Flüssigkeit reflektiert und gelangt somit nicht als Störsignal an das Sensorelement.

Durch diese Art der Ankopplung des Schallsensors ist es bei ausreichender Zufuhr von Ankopplungsflüssigkeit möglich den Körperschall von relativ zum Schallsensor rotierenden Werkzeugen oder deren Spannfutter aufzunehmen. Hierdurch können alle den Zerspaltungsvorgang charakterisierenden Schallsignale werkzeugnah gemessen und mit einer elektronischen Auswerteeinheit auf Prozeß- und Werkzeugzustand und besonders auf Werkzeugbruch ausgewertet werden. Als Auswertemethoden kommen beispielsweise die eingangs genannten Verfahren der EP-OS 01 65 482, EP-OS 00 77 789 und JP-OS 60-1 90 857 in Betracht.

In der Ultraschallprüftechnik werden normalerweise die Ultraschallsignale über einen dünnen Film eines mehr oder weniger viskosen Ankopplungsmittels auf die Prüflinge übertragen. Zur Prüfung besonders heißer oder schnell bewegter Prüflinge kommt aber auch Wasser im Freistrahls als Ankopplung zum Einsatz. Die DE-AS 16 48 731 beschreibt eine solche Vorrichtung zur Prüfung auf Risse und Lunker in Werkstücken. Hierbei wird der Flüssigkeitsstrahl zur Ankopplung eines Ultraschallprüfkopfes auf ein Werkstück gerichtet, wobei das Werkstück mit dem Impuls-Echo-Verfahren auf Lunker und andere Fehlstellen überprüft wird. Es wird ein kurzer Ultraschallimpuls in das Werkstück eingeleitet und die Laufzeit und Amplitude der Echos zur Erkennung von Rissen und Lunkern, die im Werkstoff unterhalb des Auftreffbereichs des Flüssigkeitsstrahls liegen, ausgewertet. Diese Vorrichtung eignet sich aber nicht zur Werkzeugüberwachung auf Verschleiß und Bruch, da es reiner Zufall wäre, wenn der Bruch sich genau dort ereignen würde, wo der Flüssigkeitsstrahl auf das Werkzeug trifft.

Desweiteren beschreibt die EU-PS 0 08 11 513 eine Vorrichtung zur Prüfung von spröden Werkstoffen auf Risse, indem ein Schallemissionsaufnehmer über einen Flüssigkeitsstrahl angekoppelt wird. Unter einer gezielt eingeleiteten Belastung wird die Ausdehnung bereits vorhandener Risse in einem Prüfling provoziert. Die hierbei entstehende Schallemission wird mit dem Schallemissionsaufnehmer über den Flüssigkeitsstrahl aufgenommen. Bei der JP-OS 52-15 386 rotiert eine Welle, die zum Zweck von Festigkeitsuntersuchungen ebenfalls gezielt belastet wird, mit einer nur der Schallübertragung dienenden Scheibe in einem Quecksilberbad, welches die Schallemission beim Auftreten von Rissen auf einen Schallemissionsaufnehmer am Quecksilberbadgehäuse überträgt.

Die Verfahren der beiden zuletzt genannten Schriften benötigen zur Überprüfung der Werkstücke auf Risse oder ggfs. Brüche künstliche Belastungen, die durch eine besondere Vorrichtung aufgebracht werden, während die erfindungsgemäße Vorrichtung nur einen Sensor beschreibt, der lediglich die aus dem normalen Gebrauch eines rotierenden Werkzeuges kommenden Schallsignale rein passiv mißt, so daß der zusätzliche Aufwand einer gezielten Belastungseinleitung entfällt. Die Erkennung eines Werkzeugbruches während der Werkstück-

bearbeitung, ohne diese unterbrechen zu müssen, ist mit den gesonderten Vorrichtungen der genannten Schriften nicht möglich, da sie die Entnahme des Werkzeuges aus dem Spannfutter der Antriebsspindel erfordern würden.

Die beiden zuletzt genannten Verfahren sind zudem nicht geeignet den Verschleiß eines Werkzeuges zu überwachen, da er nicht mit Rißbildungen im Werkzeug einhergehen muß.

Die DE-PS 2 06 586 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung der Auswirkung einer Ultraschallüberlagerung beim Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide. Hierbei wird das Werkzeug mit einer Ultraschallfrequenz in Schwingungen versetzt. Mit einem nahe bei der Spanungszone angeordneten Schallemissionsaufnehmer werden die durch den Zerspannungsvorgang und die künstliche Ultraschallüberlagerung erzeugten Ultraschallsignale gemessen und durch eine Auswerteeinheit auf ihren Informationsgehalt bezüglich der Qualität des Zerspannungsvorgangs überprüft.

Dieses Verfahren hat die Optimierung der Oberflächenbeschaffenheit des Werkstückes und nicht die Überwachung des Werkzeugzustandes auf Verschleiß und Bruch zum Ziel. Das Medium, welches den Schall des Zerspannungsvorgangs auf den nahe der Spanungszone angeordneten Schallemissionsaufnehmer überträgt, wird nicht spezifiziert.

Im folgenden werden beispielhaft zwei erfindungsgemäße Sensorausführungen beschrieben, die die Ankopplung eines piezoelektrischen Sensorelements an das Werkzeug unter ständiger Zufuhr von Kühlschmierstoff ermöglichen:

1. Körperschallsensor mit Düse (Fig. 1)

Fig. 1 zeigt am Beispiel der Überwachung eines Bohrers auf Verschleiß- und Bruch den Körperschallsensor mit Düse. Die dargestellten Elemente sind im einzelnen:

- 1: Sensorgehäuse
- 2: Düse
- 3: Düsenquerschnitt
- 4: piezoelektrisches Sensorelement
- 5: Sensorkabel mit Schutzschlauch
- 6: biegsames Kühlschmierstoffrohr
- 7: Spannfutter
- 8: Bohrer
- 9: Werkstück

Das Sensorgehäuse (1) beinhaltet eine auswechselbare Düse (2) und ein akustisch gegenüber dem Sensorgehäuse bedämpft eingesetztes piezoelektrische Sensorelement (4), an welches ein Sensorkabel (5) angeschlossen ist. Dem Inneren des Sensorgehäuses (1) wird über ein biegsames Kühlschmierstoffrohr (6) Kühlschmierstoff (KKS) als Ankopplungsflüssigkeit zugeführt, welcher aus der Öffnung einer Düse (2) austritt und auf den Bohrer (8) trifft, von dem der Körperschall aufgenommen werden soll. Durch das Kühlschmierstoffrohr (6) wird der Sensor in seiner Position nahe dem Bohrer (8) gehalten. Der Düsenquerschnitt (3) ist in seiner Breite etwa doppelt so groß wie der größte verwendete Bohrerdurchmesser und garantiert dadurch eine gute Ankopplung auch bei geringfügigen Verlagerungen oder einer nachlässigen Ausrichtung der Düse (2). Die Düse (2) kann im Sensorgehäuse (1) verdreht und ggfs. gegen eine Düse mit einem anderen Düsenquerschnitt ausgetauscht werden.

Ein weiteres Konstruktionsmerkmal ist der spitze Winkel, in dem das Kühlschmierstoffrohr (6) an das Sensorgehäuse (1) angeschlossen wird. Gegebenenfalls aus der Kühlschmierstoffversorgung kommende Störgeräusche, welche durch den Kühlschmierstoff in das Sensorgehäuse (1) übertragen werden können, werden hierdurch in Richtung Düsenöffnung gerichtet und somit vom Sensorelement (4) ferngehalten.

Gegen die Düse (2) oder das Sensorgehäuse (1) schlagende Späne verursachen aufgrund einer akustisch bedämpften Befestigung des Sensorelements (4) nur geringe Störsignale, deren Amplitude und Frequenz weit unter den Werten der Körperschallsignale des verschlissenen Werkzeuges und des Werkzeugbruches liegen.

In Versuchen wurde mit diesem Sensor auch bei einem größeren Abstand von etwa 50 mm der Düse (2) vom Bohrer (8) eine sichere Bohrerbruchererkennung über die Messung des für einen Bohrerbruch typischen Körperschallsignals nachgewiesen.

Durch die vollständige Umspülung des Bohrers (8) mit dem aus der Düse (2) austretenden Kühlschmierstoff ist außerdem eine Kühlschmierung des Bohrers gegeben, so daß auf eine zusätzliche Kühlschmierung verzichtet werden kann.

2. Körperschallsensor in Ringform (Fig. 2)

Fig. 2 zeigt ebenfalls am Beispiel der Überwachung eines Bohrers auf Verschleiß- und Bruch den Körperschallsensor in Ringform. Die dargestellten Elemente sind im einzelnen:

- 4: piezoelektrisches Sensorelement
- 5: Sensorkabel
- 7: Spannfutter
- 8: Bohrer
- 9: Werkstück
- 10: Ring
- 11: Innennut
- 12: Schlauch
- 13: Klemmring
- 14: Distanzring

Der Ring (10) beinhaltet ein piezoelektrisches Sensorelement (4). Innerhalb dieses Rings befindet sich eine in Umfangsrichtung verlaufende flache Nut (11), welche zur Aufnahme des durch einen Schlauch (12) zugeführten Kühlschmierstoffs (KKS) als Ankopplungsflüssigkeit dient. Der Kühlschmierstoff übernimmt gleichzeitig die Funktion der Schmierung des Rings (10) gegenüber dem rotierenden Bohrer (8). Mit einem Klemmring (13) wird dieser Körperschallsensor gegen axiales Verschieben gesichert und mit einem Distanzring (14) auf Abstand gegenüber dem Spannfutter (7) gehalten.

Dieser Körperschallsensor kann prinzipiell zur Messung von Körperschall an rotierenden oder/und axial bewegten Werkzeugen, Werkstücken oder Maschinenelementen mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden. Wegen seiner geringen Abmessungen könnte er zur Überwachung der Bohrer mehrspindiger Bohrköpfe eingesetzt werden, wo eine Vielzahl in Bohrernähe platzierter Körperschallsensoren mit Düse (Fig. 1) aus Platzgründen hinderlich sein könnte.

Der Ring ist gegebenenfalls noch an seinen beiden Stirnseiten abgedichtet, so daß nur wenig Flüssigkeit zwischen dem rotierenden Werkzeug und dem Ring austreten kann. Letzteres ist aber nur dann erforderlich, wenn die unmittelbare Umgebung nicht mit der An-

kopplungsflüssigkeit benetzt werden darf.

In einer dritten, hier bildlich nicht dargestellten Ausführung, ist der Körperschallsensor in eine konventionelle Kühlschmierstoffdüse integriert. Das Sensorkabel ist im biegsamen Teil des Kühlschmierstoffrohres verlegt. 5

Der Einsatzbereich dieser Sensoren liegt primär in der Überwachung von Fertigungsprozessen, deren Körperschallemission Rückschlüsse auf den Werkzeugzustand zulassen. Durch die werkzeugnahe Messung liegt ein Schwerpunkt der Anwendung in der Überwachung von Werkzeugen, deren Überwachung durch die Störgeräusche benachbarter Werkzeuge oder wenig reproduzierbare Schallübertragungsverhältnisse bisher erschwert wurde. 10 15

Für Rundtaktische oder Transferstraßen gestaltet sich die Überwachung der Bohr- und Fräswerkzeuge relativ einfach, da hier immer die gleichen Werkzeuge pro Spindel eingesetzt werden. Die Düse des Schallsensors kann hier ortsfest montiert werden und gegebenenfalls auch die Kühlschmierung des Werkzeuges übernehmen. Das Sensorkabel kann in der Kühlschmierstoffzuleitung verlegt werden, so daß keine zusätzlichen Elemente die Zugänglichkeit des Arbeitsraumes der Maschine beeinträchtigen. 20 25

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

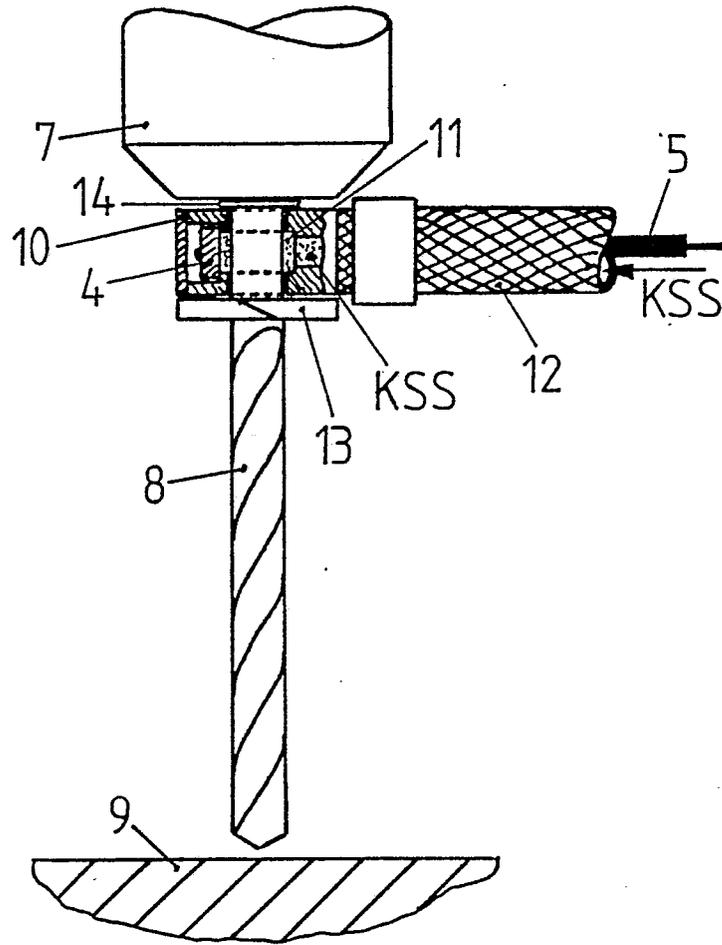


Fig. 2

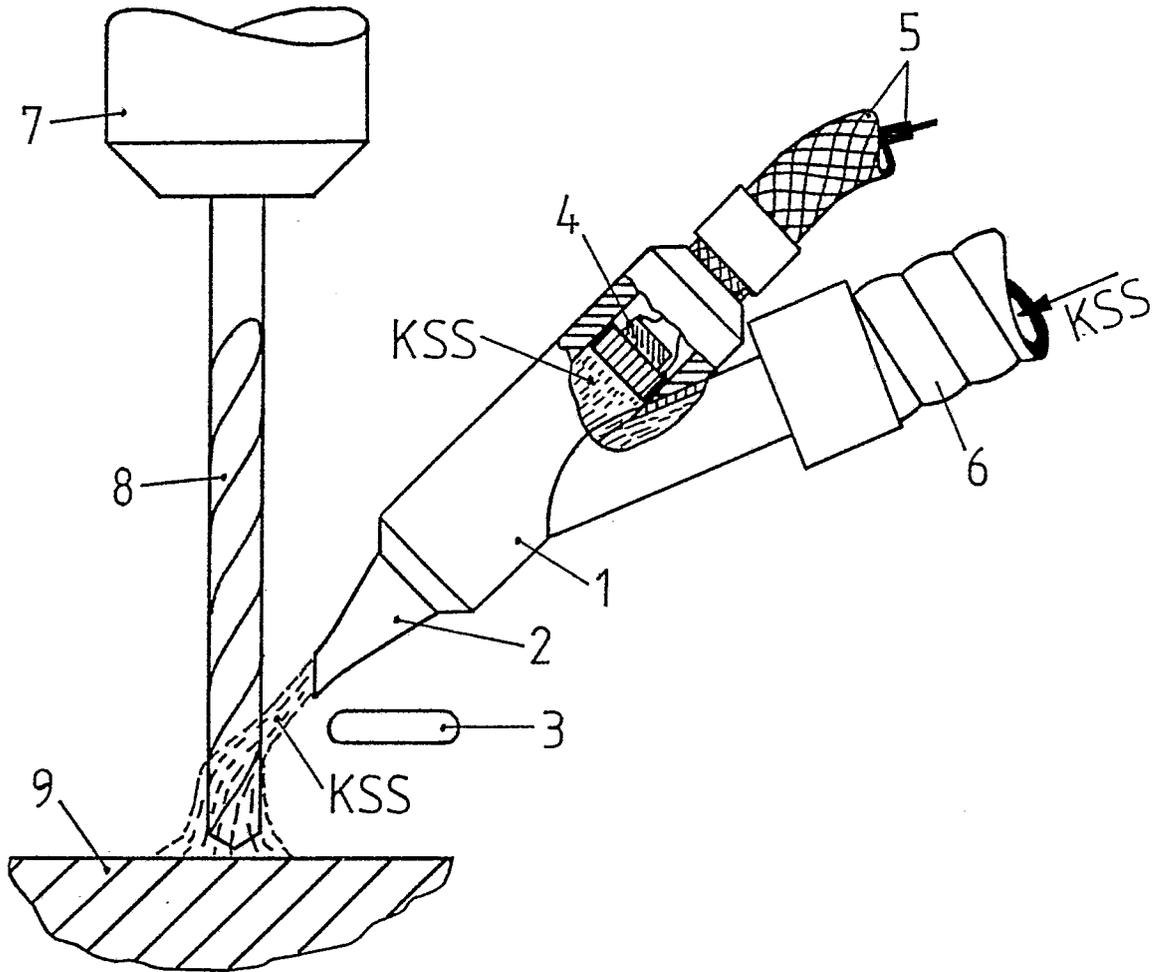


Fig.1