



19 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 103 20 330 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 21/16**  
G 01 B 13/12  
G 01 N 29/00  
B 23 Q 17/00  
B 23 Q 17/09

21 Aktenzeichen: 103 20 330.3  
22 Anmeldetag: 6. 5. 2003  
43 Offenlegungstag: 20. 11. 2003

**DE 103 20 330 A 1**

66 Innere Priorität:  
102 20 760. 7 08. 05. 2002

71 Anmelder:  
Nordmann, Klaus, Dr.-Ing., 50937 Köln, DE

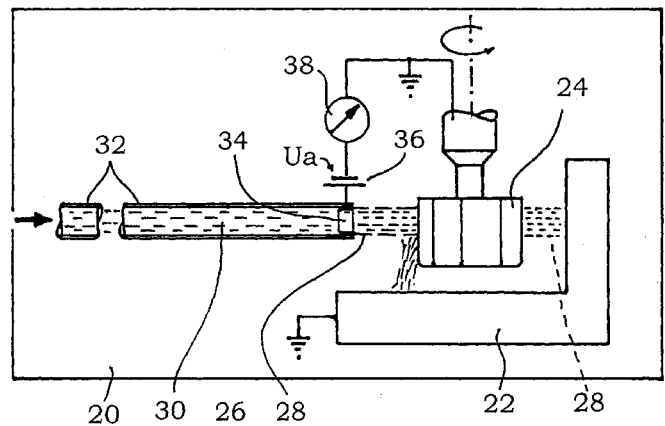
74 Vertreter:  
W. Bauer und Kollegen, 50968 Köln

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

54 Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen eines Werkzeuges oder Werkstückes, insbesondere Abstandsmessung

57 Verfahren zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges (24) oder Werkstückes (22), in einer Werkzeugmaschine (20), bei welchem Verfahren eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit (30) aus einer Austrittsvorrichtung (26) austritt. Ein Strahl wird gebildet und der Strahl trifft auf den Gegenstand auf, wobei die Austrittsvorrichtung (26) einen elektrisch leitfähigen Bereich (34) aufweist. Mit diesem ist die Flüssigkeit (30) in Kontakt, eine elektrische Spannung zwischen diesem elektrisch leitfähigen Bereich (34) und dem Gegenstand wird angelegt und der durch diese Spannung bewirkte elektrische Stromfluss wird, soweit er durch den Strahl hindurchläuft, als aktueller Messwert erfasst und ausgewertet.



**DE 103 20 330 A 1**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges oder eines Werkstücks, in einer Werkzeugmaschine.

[0002] Aus der DE 36 27 796 C 1 ist eine Vorrichtung zur Zustands- und Bruchüberwachung bekannt, bei der aus einer Austrittsvorrichtung ein Flüssigkeitsstrahl austritt und auf ein Werkzeug gerichtet ist. In der Austrittsvorrichtung befindet sich ein Körperschallsensor, insbesondere ein Mikrofon. Dieses kann über die akustische Ankopplung mittels des Flüssigkeitsstrahls vom Werkzeug Geräusche abgreifen. Einer Veränderung des Arbeitsgeräusches und insbesondere die Schallemission bei Werkzeugbruch können erfasst werden. Ein Erfassen eines Gegenstandes ist mit dieser Vorrichtung nicht möglich, deshalb ist auch keine Entfernungsmessung des Gegenstandes von einem Bezugspunkt, beispielsweise der Austrittsvorrichtung, durchführbar.

[0003] Aus EP 81 513 B1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kontrollieren eines Gegenstandes aus zerbrechlichem Material bekannt. Der Gegenstand wird einem freien Strahl aus einer Flüssigkeit ausgesetzt, wobei die Flüssigkeit laminar strömt. Auch hierbei ist ein Mikrofon vorgesehen, um Schallemission vom Gegenstand aufzunehmen.

[0004] Aus DE 199 06 442 C2 ist ein Verfahren zum Messen des Abstandes zwischen einer Sensorelektrode und einem Werkstück bekannt. Dabei wird zwischen Sensorelektrode und Werkstück ein Plasma ausgebildet und über das Plasma wird die Entfernung zu dem elektrisch leitenden Werkstück ermittelt.

[0005] Weiterhin sind Lichtschranken, beispielsweise Laser- oder Infrarotlichtschranken, zur Bohrerbruchkontrolle bekannt. Sie messen zwar sehr genau, sind aber verschmutzungsanfällig. Werkzeuge und Werkstücke in Werkzeugmaschinen, beispielsweise Bearbeitungszentren, werden zumeist mit Kühlschmierstoff umspült, der auch in der Werkzeugmaschine herumspritzt. Dadurch werden die Austrittsöffnung der Lichtschranke und auch die Empfangsöffnung auf Dauer so verschmutzt, dass eine Reinigung notwendig ist, bzw. die Vorrichtung ausfällt.

[0006] Hier setzt nun die Erfindung ein. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere Abstandmessung, anzugeben, das nicht empfindlich gegen Verschmutzungen ist und vorzugsweise eine Flüssigkeit verwendet, die sich im bereits im Betriebsstoffkreislauf der Werkzeugmaschine befindet.

[0007] Verfahrensmäßig wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges oder Werkstückes, in einer Werkzeugmaschine, bei welchem Verfahren eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit aus einer Austrittsvorrichtung austritt, einen Strahl bildet und der Strahl auf den Gegenstand gerichtet wird, wobei die Austrittsvorrichtung einen elektrisch leitfähigen Bereich aufweist, mit dem die Flüssigkeit in Kontakt ist, und wobei abgefragt wird, ob mittels des Strahls eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich bewirkt wird oder nicht.

[0008] Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges oder Werkstückes, in einer Werkzeugmaschine, bei welchem Verfahren eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit aus einer Austrittsvorrichtung austritt, einen Strahl bildet und der Strahl auf den Gegenstand auftrifft, wobei sich im Bereich der Austrittsvorrichtung ein

elektrisch leitfähiger Bereich befindet und der Widerstand des Flüssigkeitsstrahls zwischen diesem elektrisch leitfähigen Bereich und dem Gegenstand erfasst und ausgewertet wird.

[0009] Vorrichtungsmäßig wird die Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges oder eines Werkstückes, in einer Werkzeugmaschine, mit einer Austrittsvorrichtung, der eine elektrische leitfähige Flüssigkeit zugeführt wird und aus der ein Strahl dieser Flüssigkeit austritt und so ausgerichtet werden kann, dass sie auf den Gegenstand trifft, wobei die Austrittsvorrichtung einen elektrisch leitfähigen Bereich aufweist, mit dem die Flüssigkeit in Kontakt ist, und eine Messeinrichtung vorgesehen ist, die erfasst, ob mittels des Strahls eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich bewirkt wird oder nicht.

[0010] Insbesondere wird die Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges oder eines Werkstückes, in einer Werkzeugmaschine, mit einer Austrittsvorrichtung, der eine elektrische leitfähige Flüssigkeit zugeführt wird und aus der ein Strahl dieser Flüssigkeit austritt und auf den Gegenstand trifft, wobei die Austrittsvorrichtung einen elektrisch leitfähigen Bereich aufweist, mit dem die Flüssigkeit in Kontakt ist, eine Spannungsversorgung vorgesehen ist, die eine elektrische Spannung zwischen dem elektrisch leitfähigen Bereich und dem Gegenstand hervorruft und eine Nachweiseinheit vorgesehen ist, mit der durch diese Spannung bewirkte Stromfluss, soweit er durch den Strahl hindurchläuft, als aktueller Messwert erfasst und ausgewertet wird.

[0011] Zum Erfassen des elektrisch leitfähigen Gegenstandes, also insbesondere des Werkzeuges oder Werkstückes, wird ein Freistrahle der elektrisch leitfähigen Flüssigkeit zwischen der Austrittsvorrichtung und dem Gegenstand hergestellt und wird über die elektrische Leitfähigkeit der Flüssigkeitssäule, die dieser Strahl bildet, ein aktueller Messwert erhalten. Der aktuelle Messwert ist insbesondere der ohmsche Widerstand der Flüssigkeitssäule im Freistrahle; der Wert des Stromes, der bei der angelegten Spannung in der Flüssigkeitssäule vorliegt; oder eine Messspannung. Ein Gegenstand gilt dann als erfasst, wenn der aktuelle Messwert einen gewissen Wert hat, insbesondere in einem gewissen Erfassungsbereich, also Messwertbereich, liegt. Unter der Voraussetzung, dass der freie Flüssigkeitsstrahl einen konstanten Strahlquerschnitt hat, ist der ohmsche Widerstand der Flüssigkeitssäule proportional der Entfernung zwischen der Austrittsvorrichtung und dem Gegenstand. Ähnliches gilt für die an der Flüssigkeitssäule abfallende Messspannung. Dies bedeutet, dass man ein Anzeigemittel unmittelbar in Längeneinheiten, beispielsweise cm, anzeigen lassen kann. Der Flüssigkeitsstrahl ist in der Regel so ausgeführt, dass sein Querschnitt konstant und zusammenhängend bleibt, auch wenn die Querschnittsform sich ändert. Es kommen laminare und insbesondere aber auch turbulente Flüssigkeitsstrahlen zur Anwendung.

[0012] Der große Vorteil der Erfindung liegt darin, dass als elektrisch leitfähige Flüssigkeit eine Flüssigkeit verwendet werden kann, die ohnehin im Betriebsstoffkreislauf der Werkzeugmaschine vorhanden ist, beispielsweise ein Kühlmittel, ein Kühlschmiermittel oder ein Schmiermittel. Wässrige Flüssigkeiten haben von Hause aus eine gewisse Leitfähigkeit, die bereits für das erfindungsgemäße Verfahren ausreicht. Reine Schmiermittel, beispielsweise Öle, haben oft eine sehr geringe Leitfähigkeit, aber auch für sie lässt sich das Verfahren durchführen. Insbesondere aber ist es möglich, die Flüssigkeit durch Zusätze in ihrer Leitfähigkeit zu

erhöhen.

**[0013]** Das Verfahren und die Vorrichtung sind ausgesprochen schmutzempfindlich. Anders als optische Vorrichtungen wird das Messverfahren gerade nicht durch Kühlschmiermittel gestört, vielmehr erreicht. Luftblasen in der Flüssigkeit wirken sich im Gegensatz zur akustischen Überwachung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren praktisch nicht aus. Der Flüssigkeitsstrahl kann einen ausreichend großen Durchmesser haben, sodass kleinere störende Objekte, beispielsweise Späne, die sich um einen Bohrer gewickelt haben auf das Messergebnis praktisch keinen Einfluss haben.

**[0014]** Die Erfindung ermöglicht ein genaues Erfassen eines Gegenstandes, beispielsweise eines Bohrers, Fräsers und der gleichen. Es ist eine genaue Wegmessung möglich. Es kann ein Bruch erkannt werden. Der apparative Aufwand ist im Vergleich zu anderen bekannten Verfahren gering, insbesondere dann, wenn man eine ohnehin vorhandene Flüssigkeit, beispielsweise das Kühlschmiermittel, für das Verfahren verwendet. Dann ist auch ein Umrüstung bzw. die Ausrüstung einer Werkzeugmaschine mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kostengünstig und rasch durchzuführen.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausführung werden die elektrischen Eigenschaften des Freistrahls nicht absolut gemessen, sondern verglichen mit einem anderen Teilabschnitt, nämlich einem Referenzabschnitt, derselben Flüssigkeit. Die Flüssigkeit, die in bekannter Weise über eine Leitung der Austrittsvorrichtung zu geführt wird, strömt an zwei Referenzelektroden vorbei, zwischen den Referenzelektroden ist die Leitung elektrisch isolierend. Dadurch kann – wie bei der aktuellen Messstrecke – der ohmsche Widerstand, der Spannungsabfall oder der Strom im Referenzbereich gemessen werden und verglichen werden mit dem aktuellen Messwert, der von der tatsächlichen Messstrecke erhalten wird. Auf diese Weisen werden Einflussgrößen wie Temperatur, momentane Zusammensetzung usw. der elektrisch leitenden Flüssigkeit eliminiert.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung eignen sich zur Überwachung. Es ist in bevorzugter Weiterbildung eine Überwachungsschaltung vorgesehen, die den aktuellen Messwert, insbesondere aber das Verhältnis von aktuellem Messwert und Referenzmesswert, überwacht und ein Signal ausgibt, wenn ein Erfassungsbereich eingehalten wird oder in der Alternative ein Erfassungsbereich verlassen wird.

**[0017]** In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird eine Brückenschaltung verwendet. Die tatsächliche Messstrecke und die Referenzstrecke bilden dabei einen Brückenweig. Der andere Brückenweig wird durch Widerstände, von denen mindestens einer einstellbar ist, gebildet. Der einstellbare Widerstand ist elektrisch ansteuerbar, die Brücke gleicht sich selbst auf Null ab. Eine Änderung der Messstrecke macht sich damit als Abweichung von der Nullanzeige bemerkbar.

**[0018]** Es ist in einer Weiterbildung auch möglich, im freien Flüssigkeitsstrahl einen dünnen, biegsamen elektrischen Leiter mitzuführen, beispielsweise einen dünnen Metallfaden. Dieser ist vorzugsweise in seiner Länge veränderlich, kann also innerhalb des Flüssigkeitsstrahls verkürzt werden oder länger ausgefahren werden. Er wird in seiner Länge so gewählt, dass sein freies Ende mit dem elektrisch leitfähigen Gegenstand in Kontakt kommen kann. Wenn eine metallische Leitfähigkeit zwischen diesem Metallfaden und dem Gegenstand, beispielsweise dem Werkzeug, nachgewiesen werden kann, berührt das freie Ende des elektrisch leitfähigen Fadens den Gegenstand. Entfernt sich dagegen der Gegenstand oder kommt es zu einem Bruch des Werkzeuges, entfällt die metallisch leitende Verbindung.

**[0019]** Bei einer metallisch leitenden Verbindung liegen typischerweise Widerstandswerte deutlich unter einem Ohm, typischerweise vor. Im Bereich der Flüssigkeitssäule eines üblichen Kühlschmiermittels liegen Widerstandswerte im Bereich von einigen Kiloohm bis mehreren hundert Kiloohm vor. Dies ermöglicht ein deutliches Unterscheiden zwischen metallischer Leitfähigkeit und Leitfähigkeit innerhalb der Flüssigkeitssäule.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung fragt nur von einer Seite ab. Es wird also nur ein Weg hin zum Gegenstand benötigt. Ein separater zweiter Weg ist nicht notwendig. Hierin liegen ein Unterschied und damit auch ein Vorteil zu optischen Messungen, die üblicherweise einen Sender und einen Empfänger haben, zwischen denen sich der Gegenstand befindet.

**[0021]** Indirekt wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auch der Umlauf des Kühlschmiermittels überwacht. Sollte das Kühlschmiermittel ausfallen, weil beispielsweise eine Förderpumpe nicht mehr arbeitet, ein Rücklauf verstopft ist oder der gleichen, so erfolgt keine Anzeige mehr. Die Erfindung eignet sich daher auch und allein für sich als Überwachungsmittel für den Durchlauf, insbesondere für den Kreislauf, einer Betriebsflüssigkeit, sofern diese elektrisch leitfähig ist. Besonders günstig ist es, wenn mit Referenzelektroden gearbeitet wird, weil bereits die Flüssigkeit überwacht werden kann, bevor sie die Austrittsvorrichtung verlässt und es somit unabhängig ist, ob der Freistrah überhaupt einen Gegenstand trifft oder nicht. Auf diese Weise ist also eine generelle Überwachung des Kühlschmiermittels bzw. einer anderen Flüssigkeit möglich, unabhängig davon, ob das Kühlschmiermittel auf einen Gegenstand gerichtet ist oder nicht.

**[0022]** Die elektrische Spannung kann aus beliebigen Spannungsquellen gezogen werden, beispielsweise einer Gleichspannungsquelle oder einer Wechselspannungsquelle. Letztere kann beliebige Frequenz haben, beispielsweise 50 Hz, ein KHz oder ein MHz. Auch pulsierende Spannungen sind möglich. Die Höhe der Spannung sollte in dem Bereich liegen, der für Menschen ungefährlich ist, beispielsweise unter 60, insbesondere unter 40 Volt, beispielsweise 15 Volt.

**[0023]** Wegen der großen Unterschiede der Leitfähigkeit von Metallen einerseits und der Flüssigkeit andererseits muss der Gegenstand nicht den vollen Strahlquerschnitt abdecken. Mit einem Strahl ist auch ein feiner Bohrer erfassbar, der nur 10% des Strahlquerschnitts abdeckt.

**[0024]** Der Freistrah kann kontinuierlich oder intermittierend oder anderweitig gesteuert sein. Wenn man nur ab und zu einen Gegenstand erfassen will, genügt es auch, nur ab und zu den Freistahl aufzubauen und seine elektrische Eigenschaft abzufragen.

**[0025]** Die Orientierung des Freistrahls ist beliebig. Er kann seitlich angreifen, von unten nach oben, von oben nach unten oder in einem beliebigen Winkel.

**[0026]** Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich mit dem eingangs erwähnten Verfahren nach der DE 36 27 796 kombinieren. Dann ist in der Austrittsvorrichtung zusätzlich auch ein Mikrofon oder ein anderer Körperschallsensor untergebracht und erfolgt also über den Freistrah nicht nur die elektrische Messung sondern auch eine akustische Messung.

**[0027]** Als besonders geeignete Spannungsquellen haben sich so genannte Konstantstromquellen bewährt. Sie erzwingen im Stromkreis einen konstanten Strom, beispielsweise ein mA. Die an der Flüssigkeitssäule abfallende Spannung kann dann unmittelbar als Widerstand abgelesen werden, beispielsweise bei dem Konstantstrom 0,1 mA bedeutet die Spannungsanzeige 1 V gemessen über der Flüssigkeits-

säule des Freistrahls, einen Widerstandswert von 10 KOhm des Freistrahls.

[0028] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen der Erfindung, die im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert werden. In dieser Zeichnung zeigen:

[0029] Fig. 1 Eine prinzipielle Seitenansicht einer Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes und zur Abstandsmessung dieses Gegenstandes in einer hier nur angedeuteten Werkzeugmaschine,

[0030] Fig. 2 Eine Seitenansicht, wie Fig. 1, jedoch nun mit vertikal verlaufendem Messstrahl und mit Spannungsteilerschaltung,

[0031] Fig. 3 Eine Darstellung in Seitenansicht, wie Fig. 1 nun aber für eine elektrische Brückenschaltung mit dargestelltem Umlauf einer Flüssigkeit und

[0032] Fig. 4 Eine Prinzipdarstellung ähnlich Fig. 1 zum Erfassen des Werkstücks und auch eines Werkzeuges, sobald das Werkzeug Kontakt mit der Flüssigkeit bekommt, sich also so in Nähe des Werkstückes befindet.

[0033] Alle Figuren beziehen sich auf eine Werkzeugmaschine, beispielsweise ein Drehmaschine, ein Bearbeitungszentrum oder der gleichen. In der Werkzeugmaschine 20 findet eine spanende Bearbeitung eines Werkstückes 22 statt, bewirkt durch ein Werkzeug 24.

[0034] Das Werkstück 22 und das Werkzeug 24 sind ein Gegenstand, der erfindungsgemäß erfasst werden soll und dessen Entfernung von einem Bezugspunkt in einer Weiterentwicklung der Erfindung erfasst werden soll. Der zu erfassende Gegenstand muss elektrisch leitfähig sein. Im einfachsten Falle ist er aus Metall hergestellt. Er kann aber auch leitfähig beschichtet oder anderweitig leitfähig sein. Entscheidend ist nur, dass zumindest ein Teil seiner Oberfläche eine Leitfähigkeit aufweist, die vorzugsweise im Bereich der metallischen Leitfähigkeit liegt.

[0035] Bei Werkzeugmaschinen der hier in Rede stehenden Art werden typischerweise Flüssigkeiten eingesetzt, die bei der Bearbeitung mitwirken, insbesondere Kühlschmiermittel. Aus einer Austrittsvorrichtung 26 tritt ein Freistrah 28 einer derartigen Flüssigkeit 30 aus. Die Flüssigkeit wird über eine Leitung 32 der Austrittsvorrichtung zugeleitet. Üblicherweise läuft die Flüssigkeit um, bildet also einen Kreislauf. Austrittsvorrichtung 26, Freistrah 28, Kühlflüssigkeit 30 und Leitungen 32 sind an sich bekannt, sodass eine nähere Beschreibung hier nicht erforderlich ist.

[0036] Im Unterschied zu der bekannten Zufuhr einer Flüssigkeit, insbesondere eines Kühlschmiermittels, ist nun aber folgendes beachtlich: Die Flüssigkeit weist eine elektrische Leitfähigkeit auf. Im Gegensatz zur metallischen Leitfähigkeit ist die Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Allgemeinen mehrere Zehnerpotenzen geringer, da sie nicht durch Elektronen, wie bei Metallen, sondern durch Ionen bewirkt wird. Es ist allerdings grundsätzlich möglich, die Leitfähigkeit von Flüssigkeiten zu erhöhen, beispielsweise durch Zusätze, oder durch spezielle Auswahl der Flüssigkeit, beispielsweise Quecksilber.

[0037] Weiterhin ist in der Austrittsvorrichtung ein elektrisch leitfähiger Bereich 34 vorgesehen. Mit diesem ist die Flüssigkeit 30 in Kontakt. Der Bereich 34 beindet sich unmittelbar an der Mündung der Austrittsvorrichtung. Er kann in einer Alternative auch gegenüberliegend oder versetzt sein. Eine Anordnung unmittelbar an der Mündung ist allerdings von Vorteil, weil die Abstandsmessung zwischen diesem Bereich, genauer gesagt zwischen seinem frontseitigen Ende, und dem Gegenstand, genauer gesagt seine primär vom Freistrah 28 getroffenen Fläche, erfolgt.

[0038] In der Ausführung nach den Figuren ist der Bereich 34 als Ring ausgeführt.

[0039] Dies ist lediglich eine günstige Ausbildung, andere Ausführungen sind möglich. Der Bereich 34 bildet eine Elektrode. Der Bereich 34 ist metallisch. Vorzugsweise ist die Oberfläche so ausgeführt, dass sie durch die Flüssigkeit 30 nicht angegriffen wird, beispielsweise keine Elektrolyse oder chemische Umwandlung auftritt. Günstig haben sich Oberflächen aus Gold oder rostfreiem Stahl erwiesen.

[0040] Der Freistrah trifft den nachzuweisenden Gegenstand, in Fig. 1 ist dargestellt, wie der Freistrah 28 einen Fräser 24 trifft. Es ist in Fig. 1 aber auch der Fall angedeutet, dass der Fräser 24 nach oben weggezogen ist, dann nämlich trifft der deutlich längere Freistrah 28 das Werkstück 22, hingewiesen wird auf den gestrichelten Freistrah 28. Die freie Länge des Strahls 28 ist aber deutlich größer, was sich in geänderten elektrischen Eigenschaften bemerkbar macht.

[0041] Zwischen Gegenstand und elektrisch leitfähigem Bereich 34 ist eine elektrische Spannung  $U_a$  angelegt, sie wird von einer Spannungsquelle 36 bezogen, die hier als Batterie ausgeführt ist. Diese Spannung erzwingt einen Stromfluss von einem Pol der Spannungsquelle 36 über eine Zuleitung zum Werkzeug 24 hin, durch das Werkzeug, durch den Freistrah 28, durch den Bereich 34 und durch eine Zuleitung zum anderen Pol der Spannungsquelle 36. Dieser Strom wird durch ein Amperemeter 38 erfasst. Dieses Amperemeter ist nur ein Beispiel für eine Möglichkeit, den Stromfluss durch die Flüssigkeitssäule im Freistrah 28 elektrisch nachzuweisen, auf andere Alternativen wird im folgendem noch eingegangen. Das Amperemeter 38 zeigt einen aktuellen Messwert an. Dieser ist in der Ausführung nach Fig. 1 ein Strommesswert, kann aber auch ein Spannungsmesswert und der gleichen sein. Über den aktuellen Messwert wird unmittelbar eine Information darüber erhalten, ob sich im Weg des Freistrahls 28 tatsächlich ein Gegenstand beindet, der Gegenstand wird also nachgewiesen. Weiterhin ist es möglich, den Abstand des Gegenstandes von der Austrittsvorrichtung 26 zu bestimmen.

[0042] Ist der Fräser 24 im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 nach oben weg gezogen, sodass er sich nicht mehr im Freistrah 28 beindet, trifft dieser auf das Werkstück 22. Dieses beindet sich auf demselben Potential wie das Werkzeug 24. Es kann also über den Freistrah 28 ebenfalls und alternativ das Werkstück 22 erfasst werden. Beim praktischen Ablauf geschieht in der Ausführung nach Fig. 1 folgendes: Sobald der Fräser 24 nach oben weggezogen wird und gerade den Freistrah 28 verlässt, fällt der am Amperemeter angezeigte Strom herab, er wird deutlich kleiner. Dies liegt daran, dass nunmehr die Länge des Freistrahls 28 größer ist. Der elektrische Widerstand des Freistrahls setzt sich zusammen aus dem Produkt von spezifischer Leitfähigkeit der Flüssigkeit 30 und Länge des Freistrahls 28 dividiert durch den Querschnitt.

[0043] Die Ausbildung nach Fig. 2 zeigt mehrere Abwandlungen. Einerseits ist der Freistrah nun vertikal von unten nach oben gerichtet, dies soll darauf hinweisen, dass die Ausrichtung des Freistrahls 28 beliebig ist. Konkret wird in Fig. 2 die Möglichkeit gezeigt, einen Bohrer 24, der hier das Werkzeug bildet, einerseits zu erfassen und andererseits seine Entfernung von der Austrittsvorrichtung zu bestimmen und damit z. B. einen Bohrerbruch oder dergleichen nachzuweisen.

[0044] Ein besonderer Vorzug der Ausführung nach Fig. 2 liegt aber nun darin, dass nicht mehr der Widerstand der Flüssigkeitssäule des Freistrahls 28 absolut gemessen wird, sondern relativ. Es ist eine erste Referenzelektrode 40 vorgesehen, die sich stromabwärts von der Austrittsvorrichtung 26 im Bereich der Leitung 32 beindet. Als weitere Referen-

zelektrode wird der elektrisch leitfähige Bereich **34** benutzt, der hier nun eine Doppelfunktion hat. Es ist möglich, eine separate zweite Referenzelektrode vorzusehen.

[0045] Die elektrische Spannung  $U_a$  liegt nun zwischen der ersten Referenzelektrode **40** und dem Werkzeug, also dem Bohrer **24**, an. Die gesamte angelegte Spannung teilt sich auf in die Referenzspannung  $U_r$  und die gemessene Spannung  $U_m$ , die den aktuellen Messwert darstellt. Gemessen wird mittels eines Spannungsmessers **42** der Spannungsabfall über den Freistrah **28**. Der Vorteil der Relativmessung liegt darin, dass die spezifische Leitfähigkeit der Flüssigkeit **30** nun nicht mehr bekannt sein muss. Eine Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit und andere Einflussgrößen werden somit eliminiert. Dadurch ist eine genauere Abstandsmessung möglich. Der Querschnitt der Flüssigkeitssäule im Referenzbereich und im Freistrah **28** ist gleich.

[0046] In der Ausführung nach **Fig. 3** wird eine selbst abgleichende Brückenschaltung für den Nachweis verwendet. Es werden zwei vorzugsweise gleichlange Referenzstrecken in der Leitung **32** gebildet, hierzu ist eine weitere Referenzelektrode **44** vorgesehen, die baugleich mit den anderen Elektroden ist. Die erste Referenzelektrode **40** beindet sich auf halber Strecke zwischen der weiteren Referenzelektrode **44** und dem elektrisch leitfähigen Bereich **34**. Im Freistrah **28** befindet sich als Gegenstand ein relativ dünner Bohrer **24**. Man erkennt, dass er nicht mehr wie in den vorangegangenen Beispielen den Strahlquerschnitt des Freistrahls **28** voll abdeckt, vielmehr ein großer Teil des Freistrahls **28** an ihm vorbeifließt. Dennoch ist der elektrische Widerstand zwischen dem Bereich **34** und diesem Bohrer **24** messbar, vorausgesetzt, dass im Bohrer metallische Leitfähigkeit vorliegt. Der Bohrer **24** ist, wie in den anderen Ausführungsbeispielen über eine Leitung elektrisch angeschlossen, diese führt zu einem Verzweigungspunkt **46**, an dem sowohl ein Messgerät **48** mit einem Eingang, als auch ein regelbarer Widerstand **50**, der über einen Motor **52** verstellt werden kann, angeschlossen sind. Das Messgerät **48** ist mit seinem anderen Eingang an der ersten Referenzelektrode **40** angeschlossen. Der regelbare Widerstand **50** ist mit seinem anderen Ende an der weiteren Referenzelektrode **44** angeschlossen, zwischen dieser und dem elektrisch leitfähigen Bereich **34** liegt die elektrische Spannung  $U_a$  an, die hier auch als Brückenspannung bezeichnet werden kann.

[0047] Das Messgerät **48** hat einen Steuerausgang, an diesem ist es mit dem Motor **52** verbunden. Das Messgerät **48** hat weiterhin einen Ausgang für ein Anzeigemittel **54**, das hier als numerische Anzeige ausgeführt ist. Schließlich hat das Messgerät **48** einen Ausgang für eine Überwachungsschaltung **56**. Es versteht sich, dass letztere Merkmale auch im Messgerät **48** selbst verwirklicht sein können, lediglich zur besseren Erläuterung ist ein separates Anzeigemittel **54** usw. dargestellt.

[0048] In der Überwachungsschaltung wird ein Bereich festgelegt, innerhalb dessen der Zustand "normal" ist. So kann z. B. eingestellt sein, dass eine Änderung der Entfernung um mehr als plus oder minus 10 mm ein Signal der Überwachungsschaltung bewirkt.

[0049] Die angelegte elektrische Spannung  $U_a$  bewirkt einerseits einen Stromfluss in beiden Referenzstrecken und andererseits einen Stromfluss durch den Freistrah **28** und den regelbaren Widerstand **50**. Der regelbare Widerstand **50** wird so abgeglichen, so dass keine Spannung zwischen dem Verzweigungspunkt **46** und der ersten Referenzelektrode **40** auftritt. Dies kann per Hand oder vorzugsweise automatisch erfolgen. Hierzu hat das Messgerät **48** einen Auslöser **58**. Wird er ausgelöst, so erfolgt ein Nullabgleich der Brückenschaltung, wird also der Motor **52** solange angesteuert, bis

die Brückenspannung Null ist. Dies erkennt man in der Anzeige des Anzeigemittels **54**. Jede Lageveränderung des Bohrers **24**, beispielsweise einen Bohrerbruch, führt nun zu einer deutlich erkennbaren Anzeige.

[0050] In **Fig. 3** ist noch der Umlauf der Flüssigkeit **30** dargestellt. Die Flüssigkeit wird aufgefangen und zu einer Pumpe **60** geleitet. Vor oder hinter dieser Pumpe kann ein Filter **62** vorgesehen sein, der Schmutzteilchen usw. herausfiltert. Die durch die Pumpe beförderte Flüssigkeit fließt innerhalb der Leitung **32** dann wieder bis zur Austrittsvorrichtung **26**. Es kann vorteilhaft sein, die Flüssigkeitssäule in der Rückführung elektrisch zu unterbrechen, wenn der elektrische Widerstand dieser Flüssigkeitssäule bei der Messung stört.

[0051] Die Ausführung nach **Fig. 4** zeigt einen schräg gerichteten Freistrah **28**. Dieser trifft auf ein Werkstück **22**, erfasst wird in einer Schaltung ähnlich **Fig. 2** der Spannungsabfall am Freistrah **28**.

[0052] Zusätzlich ist nun aber auch noch ein Werkzeug **24** in Form eines Bohrers vorgesehen, in der gezeigten Darstellung hat diese noch nicht Kontakt mit der Flüssigkeit **30**, also weder mit dem Freistrah **28**, noch mit der Flüssigkeit auf dem Werkstück **22**. Der Bohrer **24** ist auf ein elektrisches Potential gelegt, das nicht mit dem elektrischen Potential, auf dem sich das Werkstück **22** befindet, übereinstimmt. Erreicht ist dies durch eine Spannungsteilerschaltung, an deren Mitte über eine elektrische Zuleitung **64** der Bohrer **24** angeschlossen ist.

[0053] Wird der Bohrer im Sinne des Pfeils nun soweit abgesenkt, dass er in Kontakt mit dem Freistrah **28** oder mit der Flüssigkeit auf dem Werkstück **22** kommt, ändert sich die Anzeige des Spannungsmessers **42**. Man kann also die einsetzende Berührung und Bearbeitung durch das Werkzeug **24** verfolgen, kann dieses dabei überwachen, die Anwesenheit des Werkstücks **22** kontrollieren und dessen Abstand.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges (**24**) oder Werkstückes (**22**), in einer Werkzeugmaschine (**20**), bei welchem Verfahren eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit aus einer Austrittsvorrichtung (**26**) austritt, einen Strahl bildet und der Strahl auf den Gegenstand gerichtet wird, wobei die Austrittsvorrichtung (**26**) einen elektrisch leitfähigen Bereich (**34**) aufweist, mit dem die Flüssigkeit (**30**) in Kontakt ist, und wobei abgefragt wird, ob mittels des Strahls eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich (**34**) bewirkt wird oder nicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Spannung zwischen diesem elektrisch leitfähigen Bereich (**34**) und dem Gegenstand angelegt wird und der durch diese Spannung bewirkte elektrische Stromfluss, soweit er durch den Strahl hindurchläuft, als aktueller Messwert erfasst und ausgewertet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (**30**) über eine Leitung (**32**), insbesondere ein Rohr oder einen Schlauch, der Austrittsvorrichtung (**26**) zugeführt wird, dass sich in der Leitung (**32**) eine erste und eine zweite Referenzelektrode (**40**, **44**) befinden, die mit der Flüssigkeit (**30**) in Kontakt sind, dass sich zwischen den beiden Referenzelektroden (**40**, **44**) ein elektrisch isolierendes Teilstück der Leitung (**32**) befindet, sodass eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Referenzelektroden

(40, 44) insbesondere nur über die Säule an Flüssigkeit (30) zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) möglich ist, dass zwischen den beiden Referenzelektroden (40,44) eine elektrische Referenzspannung angelegt wird, dass der durch die Referenzspannung in der Säule der Flüssigkeit (30) zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) bewirkte Referenzstrom als Referenzmesswert erfasst wird und dass das Verhältnis von aktuellem Messwert und Referenzmesswert ausgewertet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand des elektrisch leitenden Gegenstandes von der Austrittsvorrichtung (26) aus der Qualität der elektrischen Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich (34), insbesondere aus dem Betrag des aktuellen Messwertes, z. B. aus dem Verhältnis von aktuellem Messwert und Referenzmesswert, ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungsschaltung (56) vorgesehen ist, dass diese Überwachungsschaltung (56) ein Signal ausgibt, wenn die elektrische Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich (34) eine unzureichende Qualität aufweist, insbesondere wenn der aktuelle Messwert außerhalb eines vorgegebenen Erfassungsbereiches zwischen einem unteren Wert und einem oberen Wert liegt oder alternativ ein Signal ausgegeben wird, solange der aktuelle Messwert innerhalb des Erfassungsbereiches liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (30) ein Kühlmittel, Kühlschmiermittel oder Schmiermittel ist und dass die Flüssigkeit (30) vorzugsweise von Hause aus in der Werkzeugmaschine (20) vorgesehen ist, also zum Betriebsstoffkreislauf der Werkzeugmaschine (20) gehört.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuelle Messwert und gegebenenfalls auch der Referenzmesswert ein Spannungswert, ein Stromwert oder ein Widerstandswert sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch leitfähigen Flüssigkeit (30) Zusätze beigefügt sind, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen, beispielsweise Salzionen, und/oder die Flüssigkeit (30) so ausgewählt ist aus einer Auswahl geeigneter Flüssigkeiten (30), dass die Flüssigkeit (30) eine möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachweiseinheit ein Anzeigemittel (54) aufweist, das den Abstand des Gegenstandes von der Austrittsvorrichtung (26) oder einem anderen Bezugspunkt anzeigt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannungswert, ein Stromwert und/oder ein Widerstandswert der elektrisch leitenden Verbindung erfasst wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (30) so ausgewählt ist aus einer Auswahl geeigneter Flüssigkeiten (30), dass eine möglichst hohe Leitfähigkeit erreicht wird.

12. Vorrichtung zum Erfassen eines elektrisch leitenden Gegenstandes, insbesondere eines Werkzeuges (24) oder eines Werkstückes (22), in einer Werkzeugmaschine (20), mit einer Austrittsvorrichtung (26), der

eine elektrische leitfähige Flüssigkeit (30) zugeführt wird und aus der ein Strahl dieser Flüssigkeit (30) austritt und so ausgerichtet werden kann, dass sie auf den Gegenstand trifft, wobei die Austrittsvorrichtung (26) einen elektrisch leitfähigen Bereich (34) aufweist, mit dem die Flüssigkeit (30) in Kontakt ist, und eine Messeinrichtung (48) vorgesehen ist, die erfasst, ob mittels des Strahls eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Gegenstand und dem leitfähigen Bereich bewirkt wird oder nicht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spannungsversorgung vorgesehen ist, die eine elektrische Spannung zwischen dem elektrisch leitfähigen Bereich (34) und dem Gegenstand hervorruft.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Leitung vorgesehen ist, über die der Austrittsvorrichtung (26) die Flüssigkeit (30) zugeführt wird, da sich in der Leitung eine erste und eine zweite Referenzelektrode (40, 44) befinden, die jeweils mit der Flüssigkeit (30) in Kontakt sind, dass zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) ein elektrisch isolierendes Teilstück der Leitung ausgebildet ist, sodass eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) insbesondere nur über die Säule an Flüssigkeit (30) zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) möglich ist, dass eine Referenzspannungsquelle vorgesehen ist, die mit den beiden Referenzelektroden (40, 44) verbunden ist und dass die Nachweiseinrichtung den durch die Referenzspannung in der Säule der Flüssigkeit (30) zwischen den beiden Referenzelektroden (40, 44) bewirkten Referenzstrom als Referenzmesswert erfasst und das Verhältnis von aktuellem Messwert und Referenzmesswert anzeigt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (48) ein Anzeigemittel (54) aufweist, das den Abstand des Gegenstandes von der Austrittsvorrichtung (26) oder einem anderen Bezugspunkt anzeigt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsvorrichtung (26) auf den Gegenstand ausrichtbar ausgebildet und angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20–24, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsquelle (36) eine Konstantspannungsquelle oder eine Konstantstromquelle ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

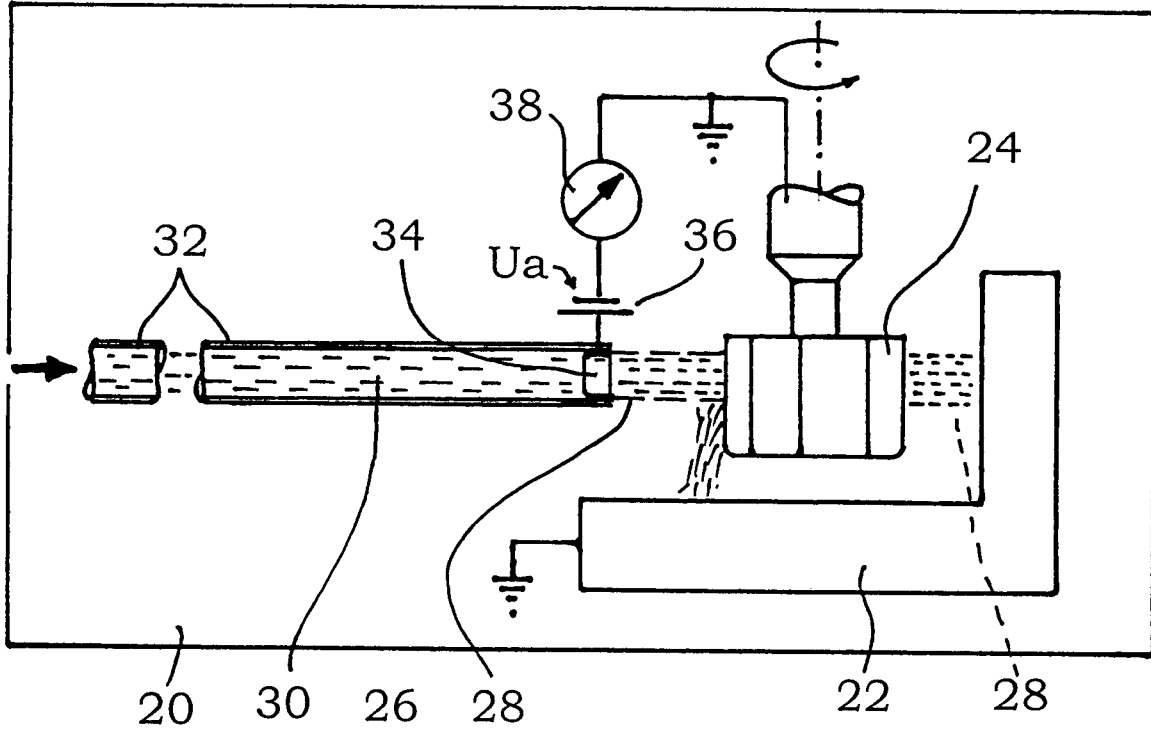
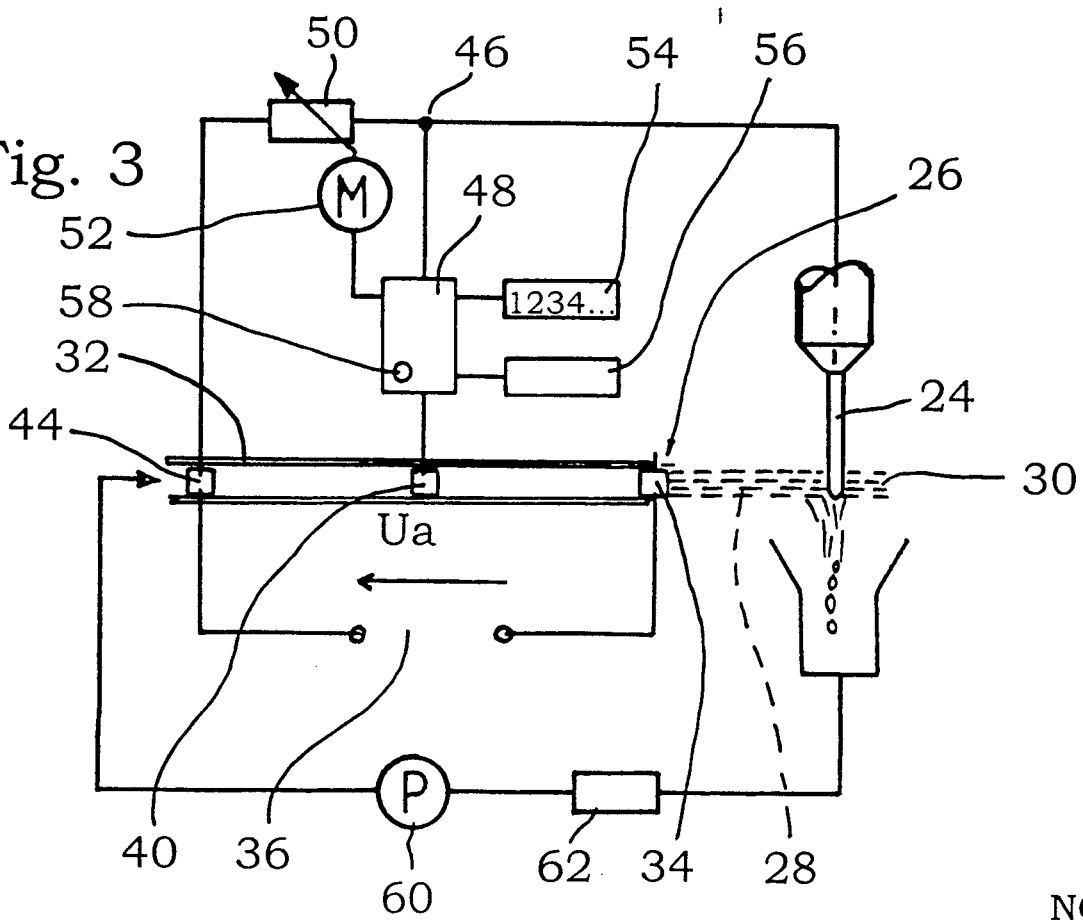


Fig. 3



NOF

Fig. 2

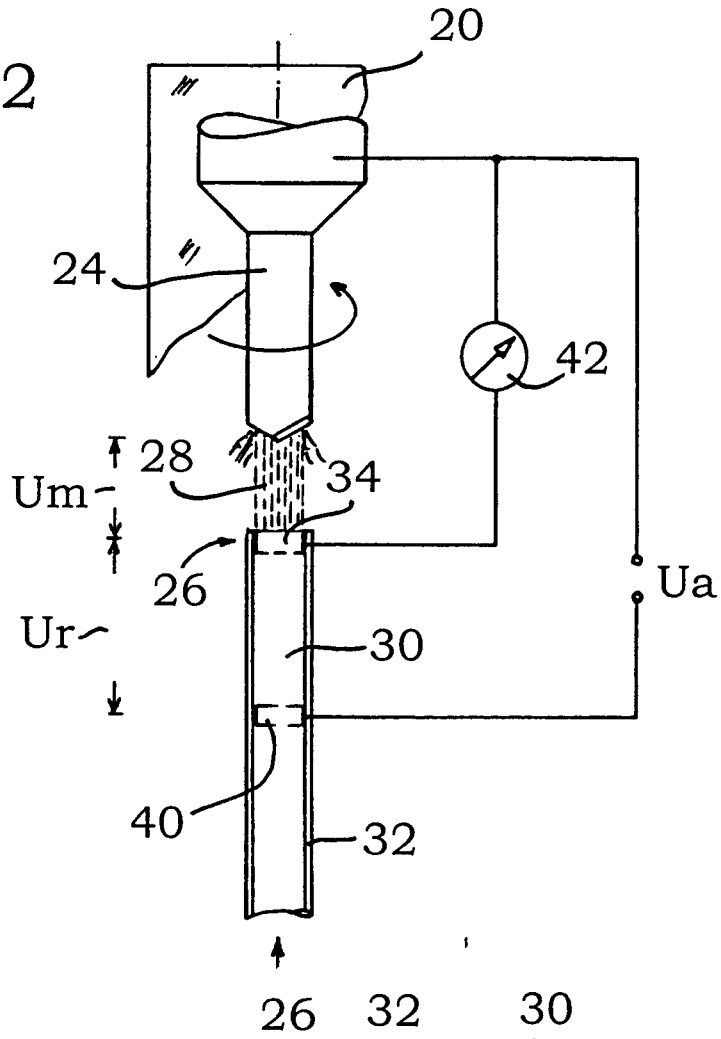


Fig. 4

