



(11)

EP 4 566 718 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.06.2025 Patentblatt 2025/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B02C 19/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23213891.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B02C 19/18

(22) Anmeldetag: **04.12.2023**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Khandozhko, Serhey**
9470 Buchs SG (CH)
- **Mandl, Franz**
6800 Feldkirch (AT)
- **Schmid, Florian**
9470 Buchs SG (CH)
- **Schmidt, Peer**
88131 Lindau (DE)

(71) Anmelder: **Hilti Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(74) Vertreter: **Hilti Aktiengesellschaft**
Corporate Intellectual Property
Feldkircherstrasse 100
Postfach 333
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
• **Binder, Albert**
9470 Buchs (CH)

(54) ZERKLEINERUNGSWERKZEUG, WERKZEUGMASCHINE UND SCHNEIDFLÜSSIGKEIT

(57) Die Erfindung betrifft ein **Zerkleinerungswerkzeug** (12) zum Zerkleinern von Gestein (32) durch Druckwellen (48, 52) in einer Schneidflüssigkeit (20), wobei das Zerkleinerungswerkzeug (12) ein Gehäuse (34) mit einer Arbeitsöffnung (66) aufweist, wobei sich im Gehäuse (34) Schneidflüssigkeit (20) befindet und / oder wobei das Zerkleinerungswerkzeug (12) einen Einlass (24) für Schneidflüssigkeit (20) aufweist, wobei zu zerkleinerndes Gestein (32) zur Zerkleinerung an die Arbeitsöffnung (66) annäherbar und / oder in diese einföhrbar ist und das Zerkleinerungswerkzeug (12) einen Aktuator (46) zur Erzeugung einer Druckwelle (48, 52) in der Schneidflüssigkeit (20) aufweist. Die Erfindung betrifft des Weiteren eine **Werkzeugmaschine** (10) und eine **Schneidflüssigkeit** (20). Sie ermöglichen eine besonders verschleißarme Zerkleinerung von Gestein (32).

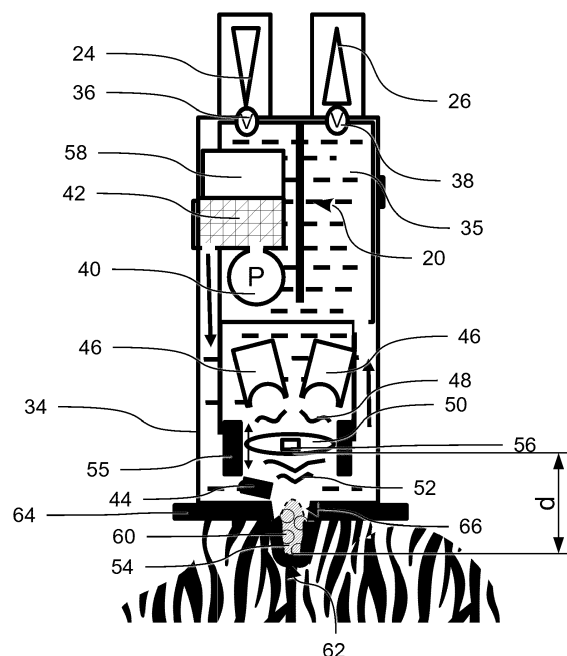


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur Zerkleinerung von Gestein durch Druckwellen. Solche Vorrichtungen haben beispielsweise im Bereich der Medizin in Form von Nierensteinlithotriptern eine gewisse Bekanntheit erlangt. Dabei wird eine zu behandelnde Person in einer Wanne, gefüllt mit Wasser, positioniert. Extrakorporal werden Druckwellen erzeugt, die dann beispielsweise einen in der Person befindlichen Nierenstein zertrümmern.

[0002] Allerdings sind solche Nierensteinlithotripter nicht verwendbar, um Gestein auf Baustellen, beispielsweise Decken, Wände oder Böden aus Beton, zu zerkleinern, insbesondere zu schneiden oder zu bohren. Dies scheitert schon daran, dass die Decken, Wände oder Böden nicht wie die Person in eine wassergefüllte Wanne gesetzt werden können.

[0003] Nierensteine unterscheiden sich ferner von Beton beispielsweise durch ihre Bruchfestigkeit.

[0004] Zum Bohren oder Sägen von Gestein auf Baustellen werden bislang rotatorisch angetriebene Bohrer, beispielsweise Hammerbohrer, Diamantbohrer beziehungsweise Kreissägeblätter verwendet. Diese unterliegen jedoch naturgemäß einem starken Verschleiß.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, verschleißarme Vorrichtungen oder Hilfsmittel zum Zerkleinern, insbesondere zum Bohren oder Sägen, von Gestein auf Baustellen, insbesondere Hochbau-Baustellen oder Tiefbau-Baustellen, anzubieten.

[0006] Gelöst wird die Aufgabe zunächst durch ein **Zerkleinerungswerkzeug** zum Zerkleinern von Gestein durch Druckwellen in einer Schneidflüssigkeit. Im Gehäuse kann sich Schneidflüssigkeit befinden. Alternativ oder ergänzend kann das Zerkleinerungswerkzeug einen Einlass für Schneidflüssigkeit aufweisen. Durch den Einlass kann Schneidflüssigkeit in das Gehäuse gefüllt werden. Das Zerkleinerungswerkzeug weist einen Aktuator zur Erzeugung einer Druckwelle in der Schneidflüssigkeit auf. Durch die Druckwelle können Kavitationen in der Schneidflüssigkeit und / oder an einer Grenzfläche der Schneidflüssigkeit erzeugt werden. Das Gehäuse kann eine Arbeitsöffnung aufweisen. An die Arbeitsöffnung kann zu zerkleinerndes Gestein zur Zerkleinerung angenähert und / oder in diese eingeführt werden. Insbesondere kann mit Hilfe des Aktuators die Schneidflüssigkeit derart konditioniert werden, dass das Gestein bei Kontakt mit der Schneidflüssigkeit zerkleinert wird. Die Kavitationen können das Gestein zerkleinern oder zur Zerkleinerung beitragen. Dazu können durch die Kavitationen Drücke erreicht werden, die die Amplitude der sie auslösenden Druckwelle übersteigen können.

[0007] Ein Aspekt der Erfindung ist dabei, dass ein Gehäuse vorgesehen wird. Das Gehäuse kann mit seiner Arbeitsöffnung an das zu zerkleinernde Gestein angesetzt werden. Alternativ kann transportables Gestein zur Arbeitsöffnung gebracht werden. Ein Zerkleinerungsprozess kann in beiden Fällen begonnen werden. Insbe-

sondere können Druckwellen mit Hilfe des Aktuators erzeugt werden. Durch die Druckwellen kann das Gestein zerkleinert werden. Eine Wanne, in die hinein das Gestein zu bringen wäre, ist somit nicht mehr zwingend erforderlich, um das Gestein zu zerkleinern. Das Gestein kann im Ergebnis durch berührungslosen Energieeintrag zerkleinert werden. Verschleiß eines Werkzeugteiles, beispielsweise einer Spitze eines Stahlmeißels, durch Kontaktantrieb ist somit prinzipbedingt ausgeschlossen. Das Zerkleinerungswerkzeug kann dadurch besonders verschleißarm genutzt werden.

[0008] Der Aktuator kann ein piezoelektrisches Element zur Erzeugung der Druckwelle aufweisen. Er kann alternativ oder ergänzend ein magnetisches Element zur Erzeugung der Druckwelle aufweisen. Denkbar wäre auch, die Druckwelle durch einen thermischen Puls zu erzeugen. Beispielsweise kann der Aktuator einen Lichtbogenerzeuger aufweisen, um einen Lichtbogen, insbesondere einen Lichtbogenpuls, zu erzeugen, der lokal Wasser mit hoher Geschwindigkeit aufheizt. Zu diesem Zweck ist es auch denkbar, dass der Aktuator wenigstens einen Laser aufweist.

[0009] Der Aktuator kann auch mehrere Aktuatorteile umfassen, die jedes für sich eingerichtet ist, eine Druckwelle zu erzeugen. Die Aktuatorteile können beispielsweise parabolartig angeordnet sein. Eine durch die einzelnen Druckwellen der einzelnen Aktuatorteile zusammengesetzte, resultierende Druckwelle kann eine besonders hohe Amplitude aufweisen.

[0010] Die Druckwelle kann ein oder mehrere Pulse umfassen. Die Druckwelle kann alternativ oder ergänzend auch mehrperiodische, beispielsweise sinusförmige, Wellen umfassen.

[0011] Das Zerkleinerungswerkzeug kann tragbar sein. Es kann beispielsweise ein Gewicht von weniger als 10 kg, beispielsweise von weniger als 3 kg, aufweisen. Somit lassen sich auch Arbeiten an Wänden oder Decken durch einen Bauarbeiter bewältigen, ohne dass besondere Gesundheitsrisiken oder eine zu schnelle Ermüdung aufgrund zu großer Lasten zu befürchten wären.

[0012] Das Zerkleinerungswerkzeug kann als Bohrwerkzeug oder als Sägewerkzeug ausgebildet sein. Insbesondere kann es als Bohrwerkzeug eingerichtet sein, durch die Gesteinszerkleinerung Sacklöcher oder Durchgangsöffnungen mit kreisförmigem und / oder frei wählbarem Querschnitt im Gestein zu schaffen. Als Sägewerkzeug kann es eingerichtet sein, Trennschnitte im Gestein zu ziehen.

[0013] Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass sich Gestein je nach Art erst ab einer bestimmten Mindestleistungsdichte durch Kavitation in für Baustellen relevanter Abbaugeschwindigkeit zerkleinern lässt. Die Mindestleistungsdichte wiederum hängt von der Leistung des Aktuators ab. Vorteilhaft ist es daher, wenn der Aktuator eine mechanische Dauerleistung von wenigstens 0,5 kW, insbesondere von wenigstens 1 kW, aufweist, um beispielsweise Beton zu zerkleinern. Die

mechanische Dauerleistung kann beispielsweise als Durchschnittsleistung über einen Zeitraum von beispielsweise 1 h gemessen werden.

[0014] Das Zerkleinerungswerkzeug kann einen Fokussierer zur Fokussierung der Druckwelle auf einen Fokusbereich aufweisen, um die Leistungsdichte im Fokusbereich zu erhöhen. Auch ermöglicht der Fokussierer die Verwendung größerer Aktuatoren, die wiederum höhere Dauerleistungen ermöglichen. Der Fokussierer kann eine gekrümmte Oberfläche aufweisen. Er kann beispielsweise eine Form eines Parabolspiegels aufweisen. Er kann zur Umlenkung von Druckwellen um mehr als vier Grad, beispielsweise um acht bis neun Grad, ausgebildet und / oder entsprechend innerhalb des Gehäuses und / oder entsprechend relativ zum Aktuator ausgerichtet sein.

[0015] Das Zerkleinerungswerkzeug kann eine Zustellvorrichtung aufweisen, um den Fokusbereich einzustellen. Insbesondere können seine Position, Größe und / oder Ausrichtung einstellbar sein. Die Zustellvorrichtung kann auf den Aktuator und / oder den Fokussierer wirken. Die Zustellvorrichtung kann eingerichtet sein, den Aktuator und / oder den Fokussierer, insbesondere relativ zur Arbeitsöffnung, zu verlagern, zu rotieren und / oder, insbesondere den Fokussierer, zu verformen.

[0016] Das Zerkleinerungswerkzeug kann eingerichtet sein, eine Zerkleinerungsleistung selbsttätig zu regeln. Dazu kann das Zerkleinerungswerkzeug eingerichtet sein, den Fokusbereich selbsttätig einzustellen. Dazu kann das Zerkleinerungswerkzeug einen Distanzmesser aufweisen. Der Distanzmesser kann einen optischen Distanzmesser umfassen. Besonders bevorzugt kann der Distanzmesser auch Distanzen mechanisch, beispielsweise mit Hilfe eines Tastkopfes, erfassen. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann der Distanzmesser eingerichtet sein, Distanzen Laufzeit-basiert zu messen. Beispielsweise kann eine Laufzeit einer vom Aktuator erzeugten Druckwelle bis zu einem Auftreffen auf dem Gestein und / oder bis zu ihrer Rückreflexion und Wiedererreichen des Aktuators gemessen werden.

[0017] Insbesondere kann eine Distanz des Fokusbereichs zu einer Gesteinsoberfläche, beispielsweise zu einer zu bearbeitenden Position auf dem Gestein gemessen werden. Denkbar ist auch, eine Distanz zwischen dem Aktuator und / oder dem Fokussierer zu dem Fokusbereich und / oder zur Gesteinsoberfläche zu messen.

[0018] Die Zerkleinerungsleistung kann auf Basis einer oder mehrerer der Distanzen selbsttätig geregelt werden.

[0019] Denkbar ist auch, die Schneidflüssigkeit, insbesondere darin enthaltene Partikel, zu analysieren. Beispielsweise können eine Partikeldichte, eine Partikelgröße, eine Partikelform, eine Partikelmenge und / oder eine Partikelart, beispielsweise eine Materialart von in der Bohrflüssigkeit enthaltenen Partikeln, gemessen werden. Denkbar ist, die Zerkleinerungsleistung alter-

nativ oder ergänzend auf einer solchen Analyse der Schneidflüssigkeit selbsttätig zu regeln.

[0020] Die Regelung kann auf Basis einer Feedbackschleife erfolgen. In der Feedbackschleife kann beispielsweise die Einstellung des Fokusbereichs variiert werden, um auf ein Optimum der Abbauleistung und / oder um ein Optimum der Geometrie der Anordnung aus Zerkleinerungswerkzeug und Gestein zu regeln.

[0021] Das Zerkleinerungswerkzeug kann ein Flüssigkeitsmanagementsystem umfassen. Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann wenigstens eine Pumpe zur Förderung der Schneidflüssigkeit aufweisen. Auch durch Regelung der Pumpleistung der Pumpe kann die Zerkleinerungsleistung beeinflusst werden.

[0022] Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann eingerichtet sein, die Schneidflüssigkeit zu reinigen, um den Flüssigkeitsverbrauch zu reduzieren. Dazu kann sie einen Filter zur Reinigung der Schneidflüssigkeit aufweisen. Der Filter kann beispielsweise einen Partikelfilter umfassen.

[0023] Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann ferner eingerichtet sein, eine Zusammensetzung der Schneidflüssigkeit zu steuern. Umfasst die Schneidflüssigkeit mehrere Komponenten, so kann das Flüssigkeitsmanagementsystem beispielsweise eingerichtet sein, ein Mischungsverhältnis der Komponenten zueinander zu stabilisieren und dazu bedarfsweise eine bestimmte Menge einer Komponente zu ergänzen oder abzuscheiden.

[0024] Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann auch eine Saugvorrichtung aufweisen. Mit dieser kann entweichende Schneidflüssigkeit abgesaugt und beispielsweise einem normalen Kreislauf wieder zugeführt werden und / oder einer Entsorgung zugeführt werden.

[0025] Eine Dichtung kann an einem Rand der Arbeitsöffnung ausgebildet und / oder angeordnet sein. Die Dichtung kann Flüssigkeitsverluste durch Entweichen von Schneidflüssigkeit entlang des Randes der Arbeitsöffnung reduzieren oder vermeiden.

[0026] Denkbar ist auch, dass das Gehäuse eine Vibrationsdämpfung aufweist, um innerhalb des Gehäuses entstehende Vibrationen, beispielsweise durch die Druckwelle entstehende Vibrationen, nicht oder nur gedämpft nach außen dringen zu lassen. Dies kann besonders bei hohen Leistungen des Aktuators, wie beispielsweise den vorangehend als vorteilhaft beschriebenen Leistungen, sein. Denkbar ist dazu, dass auf dem Gehäuse eine Dämpfungsschicht, beispielsweise aus einem elastischen Material, aufgebracht ist. Alternativ oder ergänzend kann auch der Aktuator mithilfe einer vibrationsdämpfenden Zwischenschicht vom Gehäuse schwingungstechnisch getrennt oder zumindest schwingungsgedämpft angeordnet sein.

[0027] In den Rahmen der Erfindung fällt des Weiteren eine **Werkzeugmaschine**, umfassend eine Werkzeugaufnahme, die zur Aufnahme eines Zerkleinerungswerkzeugs nach der vorangehend und noch nachfolgend ergänzend beschriebenen Art ausgebildet ist. In die

Werkzeugaufnahme der Werkzeugmaschine kann das Zerkleinerungswerkzeug aufgenommen werden. Die Werkzeugaufnahme kann eingerichtet sein, eine werkzeuglos lösbare Verbindung mit dem Zerkleinerungswerkzeug herzustellen. Dazu kann sie beispielsweise einen Rastmechanismus aufweisen.

[0028] Die Werkzeugmaschine kann ein Flüssigkeitsreservoir zur Bevorratung von Schneidflüssigkeit aufweisen. Sie kann einen Flüssigkeitsanschluss aufweisen, der an den Einlass des Zerkleinerungswerkzeugs anschließbar oder angeschlossen ist, wenn das Zerkleinerungswerkzeug in der Werkzeugaufnahme aufgenommen ist.

[0029] Denkbar ist auch, dass die Werkzeugmaschine alternativ oder ergänzend ein Flüssigkeitsmanagementsystem aufweist. Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann ein oder mehrere der Merkmale des vorangehend beschriebenen Flüssigkeitsmanagementsystems des Zerkleinerungswerkzeugs aufweisen. Dadurch kann auf ein Flüssigkeitsmanagementsystem des Zerkleinerungswerkzeug verzichtet werden. Das Zerkleinerungswerkzeug kann dadurch kleiner und kostengünstiger herstellbar sein. Das Flüssigkeitsmanagementsystem kann durch eine Energieversorgung, beispielsweise einen wiederaufladbaren Akkumulator, der Werkzeugmaschine mit Energie versorgt werden oder versorgbar sein.

[0030] Die Werkzeugaufnahme kann sich an einem in wenigstens einer Dimension verstellbaren Arm befinden. Vorzugsweise ist die wenigstens eine Dimension motorisch einstellbar. Dies bietet die Möglichkeit, dass sich im Gestein Konturen in einer größeren Vielfalt herausarbeiten lassen. Der Arm kann wenigstens einen Linearantrieb und / oder einen Drehantrieb umfassen. Weist der Arm beispielsweise wenigstens zwei Dimensionen auf in denen er einstellbar ist, so lassen sich wenigstens zweidimensionale Konturen herausbilden, beispielsweise durch Sägen, Bohren oder Fräsen. Insbesondere, vor allem auch bei einem in wenigstens drei Dimensionen einstellbaren Arm, können Hinterschnitte ausgebildet werden.

[0031] In den Rahmen der Erfindung fällt des Weiteren auch eine **Schneidflüssigkeit** für ein Zerkleinerungswerkzeug der vorangehend sowie im Folgenden noch weiter beschriebenen Art. Die Schneidflüssigkeit kann insbesondere eingerichtet sein zur Zerkleinerung von Gestein mittels Kavitationen.

[0032] Eine kostengünstige, einfach herstellbare Schneidflüssigkeit kann eine einzige Flüssigkeitskomponente umfassen.

[0033] Eine Schneidflüssigkeit, die mehr als eine Flüssigkeitskomponente umfasst, kann eine verbesserte Kavitationswirkung aufweisen.

[0034] Eine gut verfügbare und kostengünstige, in der Regel sogar vor Ort verfügbare, Flüssigkeitskomponente kann Wasser sein.

[0035] Eine Klasse von Schneidflüssigkeiten kann eine Flüssigkeitskomponente aufweisen, die unter Normbedingungen einen niedrigeren Dampfdruck aufweist als

Wasser und / oder die bei einem Umgebungsdruck von 101 325 Pa eine niedrigere Verdampfungstemperatur als Wasser aufweist. Eine solche Flüssigkeitskomponente kann eingerichtet sein, unter weniger restriktiven Bedingungen als Wasser, beispielsweise bei im Vergleich zu Wasser geringeren Unterdrücken oder bei im Vergleich zu Wasser niedrigeren Temperaturen, Kavitationen zu bilden.

[0036] Denkbar ist insbesondere, dass eine Flüssigkeitskomponente hydrophob ist und die Schneidflüssigkeit als zumindest eine andere Komponente als Wasser umfasst. Dann lassen sich die hydrophobe Flüssigkeitskomponente und das Wasser voneinander relativ einfach abscheiden. Beispielsweise innerhalb des Flüssigkeitsmanagementsystems kann die Schneidflüssigkeit besonders einfach wieder aufgefrischt bzw. konditioniert werden. In der Nähe der Schneidflüssigkeit können, insbesondere in der Nähe des Fokusbereichs oder im Fokussierbereich, Blasen der hydrophoben Flüssigkeitskomponente gebildet werden. Über das Wasser kann die Druckwelle vom Aktuator bis zu den Blasen übertragen werden. Weist die hydrophobe Flüssigkeitskomponente eine hohe Kavitationsneigung aufweist können gezielt innerhalb der oder durch die Blasen Kavitationen erzeugt werden. Auch dadurch lässt sich besonders wirkungsvoll steuern, in welchen Bereichen das Gestein zerkleinert wird.

[0037] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt, sowie aus den Ansprüchen. Die dort gezeigten Merkmale sind nicht notwendig maßstäblich zu verstehen und derart dargestellt, dass die erfindungsgemäßen Besonderheiten deutlich sichtbar gemacht werden können. Die verschiedenen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der Erfindung verwirklicht sein.

[0038] In der schematischen Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0039] Es zeigen:

Fig. 1 eine Werkzeugmaschine mit einem Zerkleinerungswerkzeug an einem Gestein in schematischer Darstellung;

Fig. 2 das Zerkleinerungswerkzeug aus Fig. 1 in schematischer, vergrößerter Darstellung.

[0040] In der nachfolgenden Beschreibung der Figuren werden zur Erleichterung des Verständnisses der Erfindung für gleiche oder sich funktional entsprechende Elemente jeweils die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0041] Fig. 1 zeigt eine Werkzeugmaschine 10 mit einem Zerkleinerungswerkzeug 12 in schematischer Darstellung. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Zerkleinerungswerkzeug 12 als Bohrwerkzeug ausgebildet.

Dazu ist es, wie im Folgenden noch näher erläutert, eingerichtet, Sacklöcher oder Durchgangsöffnungen in Gestein zu bohren.

[0042] Das Zerkleinerungswerkzeug 12 ist in einer Werkzeugaufnahme 14 der Werkzeugmaschine 10 aufgenommen.

[0043] Die Werkzeugaufnahme 14 sitzt auf einem Arm 16 der Werkzeugmaschine 10. Der Arm 16 ist als XY-Tisch ausgebildet. Er ermöglicht Bewegungen, wie mit einem punktierten Pfeil 17 in Fig. 1 angedeutet, in vertikaler Richtung innerhalb der Bildebene der Fig. 1 sowie senkrecht zur Bildebene der Fig. 1. Somit lässt sich die Werkzeugaufnahme 14 und damit das Zerkleinerungswerkzeug 12 in zwei Dimensionen verlagern. Dadurch ist es möglich, innerhalb des Bewegungsbereiches, den der Arm 16 abdeckt, Positionen der zu erstellenden Bohrungen präzise einzustellen.

[0044] In der schematischen Darstellung gemäß Fig. 1 ist zu erkennen, dass die Werkzeugmaschine 10 ein Flüssigkeitsreservoir 18 aufweist. In dem Flüssigkeitsreservoir 18 kann Schneidflüssigkeit 20 bevorratet werden. Über Schläuche 22 kann das Flüssigkeitsreservoir 18 flexibel an einen Einlass 24 und einen Auslass 26 angeschlossen werden. Über den Einlass 24 kann somit Schneidflüssigkeit 20 dem Zerkleinerungswerkzeug 12 zugeführt werden. Überschüssige und / oder verbrauchte Schneidflüssigkeit 20 kann über den Auslass 26 wieder zur Werkzeugmaschine 10 zurückgeführt werden. Des Weiteren weist die Werkzeugmaschine 10 einen Akkumulator 28 auf, mit dem über einen Anschluss 30 das Zerkleinerungswerkzeug 12 mit elektrischer Energie versorgt wird.

[0045] In der Darstellung gemäß Fig. 1 ist Gestein 32 zu erkennen, beispielsweise Beton, das mit dem Zerkleinerungswerkzeug 12 bearbeitet werden soll. Insbesondere soll ein Sackloch in das Gestein 32 gebohrt werden.

[0046] Fig. 2 zeigt dazu eine schematische Darstellung des Aufbaus des Zerkleinerungswerkzeugs 12, das auf das Gestein 32 aufgesetzt ist und dieses bearbeitet.

[0047] Das Zerkleinerungswerkzeug 12 weist ein Gehäuse 34 auf. In dem Gehäuse 34 befindet sich ein Flüssigkeitsmanagementsystem 35 zum Management der Schneidflüssigkeit 20, insbesondere zur Speicherung, Reinigung, Konditionierung und Zirkulation der Schneidflüssigkeit 20.

[0048] Die Schneidflüssigkeit 20 weist, abgesehen von etwaigen Verunreinigungen, zwei Flüssigkeitskomponenten auf. Überwiegend, beispielsweise im Bereich von 60 bis 90%, ist Wasser enthalten. Der übrige Anteil wird durch eine hydrophobe Flüssigkeitskomponente gebildet. Die hydrophobe Flüssigkeitskomponente enthält ein leicht flüchtiges Material. Insbesondere ist ihr Dampfdruck bei Normbedingungen geringer als der von Wasser. In einer alternativen Ausführung besteht die Schneidflüssigkeit 20, wiederum abgesehen von etwaigen Verunreinigungen, aus Wasser.

[0049] Mit Hilfe von Ventilen 36, 38 kann Schneidflüs-

sigkeit 20 über den Einlass 24 in das Flüssigkeitsmanagementsystem 35 eingelassen bzw. aus diesem über den Auslass 26 abgelassen werden.

[0050] Eine Pumpe 40 des Flüssigkeitsmanagementsystems 35 pumpt Schneidflüssigkeit 20 durch ein Filter 42 des Flüssigkeitsmanagementsystems 35 zu einem Konditionierer 44.

[0051] Durch zwei Aktuatoren 46 können Druckwellen 48 erzeugt werden. In Fig. 2 sind die Druckwellen durch Wellenlinien symbolisiert.

[0052] Die Aktuatoren 46 können zur Erzeugung der Druckwellen 48 beispielsweise piezoelektrische Elemente aufweisen. Jeder der Aktuatoren 46 erzeugt eine maximale Dauerleistung von wenigstens 0,5 kW.

[0053] Die Druckwellen 48 laufen auf einen Fokussierer 50. Der Fokussierer 50 sammelt die einzelnen Druckwellen 48 und erzeugt eine Gesamtdruckwelle 52. In Fig. 2 ist die Gesamtdruckwelle 52 ebenfalls durch Wellenlinien symbolisiert. Die Gesamtdruckwelle 52 läuft auf einen Fokusbereich 54 zu, wo die Gesamtdruckwelle 52 durch Fokussierung ihre maximale Amplitude erreicht.

[0054] Der Abstand d des Fokussierers 50 vom Gestein 32 entlang der Richtung, in der sich die Gesamtdruckwelle 52 ausbreitet, ist durch Stellelemente 55 einstellbar. Damit ist auch die Lage des Fokusbereichs 54 relativ zum Gestein 52 einstellbar. Um den Abstand d dem Bohrfortschritt entsprechend regulieren zu können, ist ein Distanzmesser 56 am Fokussierer 50 angebracht. Eine Steuerung 58 des Zerkleinerungswerkzeug 12 ist eingerichtet, den Abstand d während eines Bohrvorganges selbsttätig auf einen bestimmten Zielabstand hin kontinuierlich zu regeln. Die Steuerung 58 kann dazu als Microcontroller ausgebildet sein, auf dem ein entsprechend eingerichteter Programmcode ausgeführt wird. Bei alternativen Ausführungsformen ist die Steuerung 58 ganz oder teilweise in der Werkzeugmaschine 10 (siehe Fig. 1) und nicht oder zumindest nicht vollständig im Zerkleinerungswerkzeug 12 implementiert.

[0055] Der Konditionierer 44 ist eingerichtet, die Schneidflüssigkeit 20 so zu konditionieren, beispielsweise seine Strömungsgeschwindigkeit geeignet einzustellen, dass im Fokusbereich 54 Kavitationen 60, in Fig. 2 symbolisiert durch Kreise, in Verbindung mit der Gesamtdruckwelle 52 gebildet werden. Durch implodierende Kavitationen 60 wird das Gestein 32 bearbeitet. In der Darstellung gemäß Fig. 2 ist dementsprechend ein Sackloch 62 durch das Zerkleinerungswerkzeug 12 gebildet worden.

[0056] Nach Vorbeigleiten oder Durchschreiten des Sacklochs 62 gelangt die, nunmehr in der Regel durch mit aus dem Gestein 32 abgebauten Partikeln verunreinigte, Schneidflüssigkeit 20 wieder zur Pumpe 40 und dem Filter 42, sofern sie nicht durch das Ventil 38, falls dieses geöffnet ist, und den Auslass 26 zurück zur Werkzeugmaschine 10 fließt.

[0057] Das Filter 42 ist an einem Rand des Gehäuses 34 angeordnet und lässt sich diesem durch eine seitliche wiederverschließbare Öffnung, beispielsweise zur Rei-

nigung, entnehmen beziehungsweise durch diese Öffnung einsetzen.

[0058] Um zu vermeiden, dass Schneidflüssigkeit 20 entweicht, weist das Gehäuse 34 an der Seite, mit der das Gehäuse 34 an das Gestein 32 angelegt wird, eine Dichtung 64 auf. Die Dichtung 64 kann beispielsweise eine Gummi-Ringdichtung sein. Sie weist insbesondere eine Arbeitsöffnung 66 im Bereich des Fokusbereichs 54 auf. Bei einer alternativen Ausführung kann das Gehäuse 34 auch eine umlaufende Schürze zur Abdichtung aufweisen.

Bezugszeichenliste

[0059]

10	Werkzeugmaschine
12	Zerkleinerungswerkzeug
14	Werkzeugaufnahme
16	Arm
17	Pfeil
18	Flüssigkeitsreservoir
20	Schneidflüssigkeit
22	Schläuche
24	Einlass
26	Auslass
28	Akkumulator
30	Anschluss
32	Gestein
34	Gehäuse
35	Flüssigkeitsmanagementsystem
36	Ventil
38	Ventil
40	Pumpe
42	Filter
44	Konditionierer
46	Aktuator
48	Druckwelle
50	Fokussierer
52	Gesamtdruckwelle
54	Fokusbereich
55	Stellelement
56	Distanzmesser
58	Steuerung
60	Kavitationen
62	Sackloch
64	Dichtung
66	Arbeitsöffnung
d	Abstand

Patentansprüche

1. **Zerkleinerungswerkzeug (12)** zum Zerkleinern von Gestein (32) durch Druckwellen (48, 52) in einer Schneidflüssigkeit (20), wobei das Zerkleinerungswerkzeug (12) ein Gehäuse (34) mit einer Arbeitsöffnung (66) aufweist, wobei sich im Gehäuse (34) Schneidflüssigkeit (20) befindet und / oder wobei das

Zerkleinerungswerkzeug (12) einen Einlass (24) für Schneidflüssigkeit (20) aufweist, wobei das Zerkleinerungswerkzeug (12) einen Aktuator (46) zur Erzeugung einer Druckwelle (48, 52) in der Schneidflüssigkeit (20) aufweist.

2. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktuator (46) eine mechanische Dauerleistung von wenigstens 0,5 kW, insbesondere von wenigstens 1 kW, aufweist.

3. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zerkleinerungswerkzeug (12) einen Fokussierer (50) zur Fokussierung der Druckwelle (48) auf einen Fokusbereich (54) aufweist.

4. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zerkleinerungswerkzeug (12) eingerichtet ist, eine Zerkleinerungsleistung selbsttätig zu regeln.

5. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zerkleinerungswerkzeug (12) ein Flüssigkeitsmanagementsystem (35) umfasst, das wenigstens eine Pumpe (40) zur Förderung der Schneidflüssigkeit (20) aufweist.

6. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flüssigkeitsmanagementsystem (35) einen Filter (42) zur Reinigung der Schneidflüssigkeit (20) aufweist.

7. Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Dichtung (64) an einem Rand einer Arbeitsöffnung (66) des Gehäuses (34) ausgebildet und / oder angeordnet ist.

8. **Werkzeugmaschine (10)**, umfassend

- eine Werkzeugaufnahme (14), die zur Aufnahme eines Zerkleinerungswerkzeugs (12) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche ausgebildet ist.

9. Werkzeugmaschine (10) nach einem der beiden vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Werkzeugaufnahme (14) an einem in wenigstens einer Dimension verstellbaren Arm (16) befindet.

10. **Schneidflüssigkeit (20)** für ein Zerkleinerungswerkzeug (12) nach einem der Patentansprüche 1

bis 7, insbesondere eingerichtet zur Zerkleinerung von Gestein (32) mittels Kavitationen (60), wobei die Schneidflüssigkeit (20) eine Flüssigkeitskomponente aufweist, die unter Normbedingungen einen niedrigeren Dampfdruck aufweist als Wasser und / oder die bei einem Umgebungsdruck von 101 325 Pa eine niedrigere Verdampfungstemperatur als Wasser aufweist.

11. Schneidflüssigkeit (20) nach dem vorhergehenden Patentanspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeitskomponente hydrophob ist und die Schneidflüssigkeit (20) als andere Komponente Wasser umfasst.

15

20

25

30

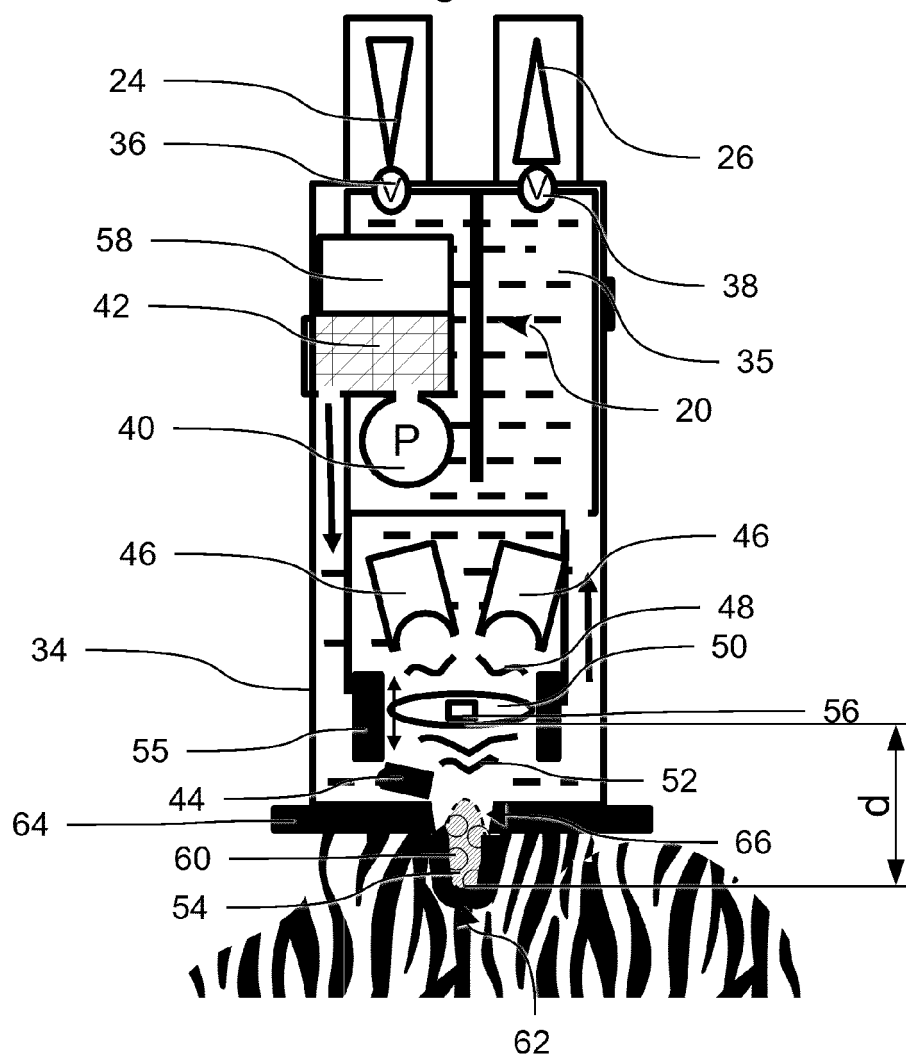
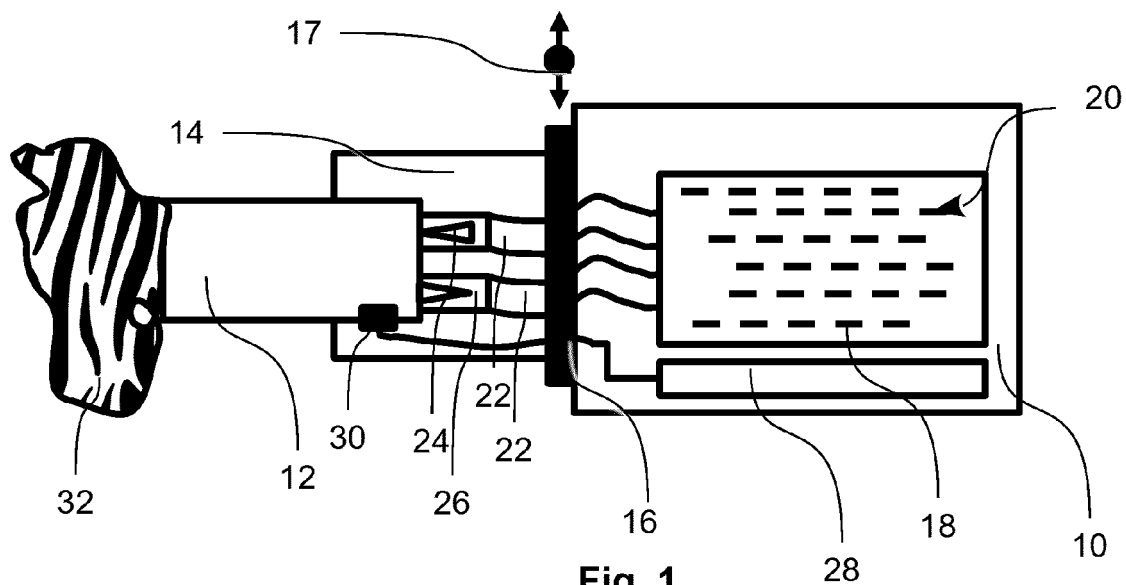
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 3891

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2 831 668 A (SKOWRONSKI RAYMOND F) 22. April 1958 (1958-04-22)	1, 2, 8, 9	INV. B02C19/18
A	* Spalte 1, Zeilen 22-29 * * Spalte 1, Zeilen 50-51 * * Spalte 2, Zeilen 7-13 * * Spalte 2, Zeilen 37-41 * * Spalte 3, Zeilen 5-9 * * Spalte 3, Zeilen 28-29 * * Spalte 3, Zeilen 45-50 * * Spalte 3, Zeilen 56-61 * * Spalte 3, Zeile 74 - Spalte 4, Zeile 4 * * Spalte 4, Zeilen 21-26 * * Abbildungen 1-5 *	3-7	
X	US 2 580 716 A (LEWIS BALAMUTH) 1. Januar 1952 (1952-01-01)	10, 11	
A	* Spalte 2, Zeilen 31-42 *	1-9	
A	US 4 193 635 A (HOCHREIN AMBROSE A JR [US] ET AL) 18. März 1980 (1980-03-18)	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. März 2024	Prüfer Jovanovic, Mihajlo
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	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.****EP 23 21 3891**

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.

13-03-2024

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2831668	A	22-04-1958	KEINE
US 2580716	A	01-01-1952	KEINE
US 4193635	A	18-03-1980	KEINE

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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