



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.10.2014 Patentblatt 2014/40

(51) Int Cl.:
B02C 19/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14001091.9**

(22) Anmeldetag: **25.03.2014**

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

(72) Erfinder: **Beckmann, Jörg**
DE - 31139 Hildesheim (DE)

(74) Vertreter: **Friedrich, Andreas et al**
Gramm, Lins & Partner GbR
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Theodor-Heuss-Strasse 1
38122 Braunschweig (DE)

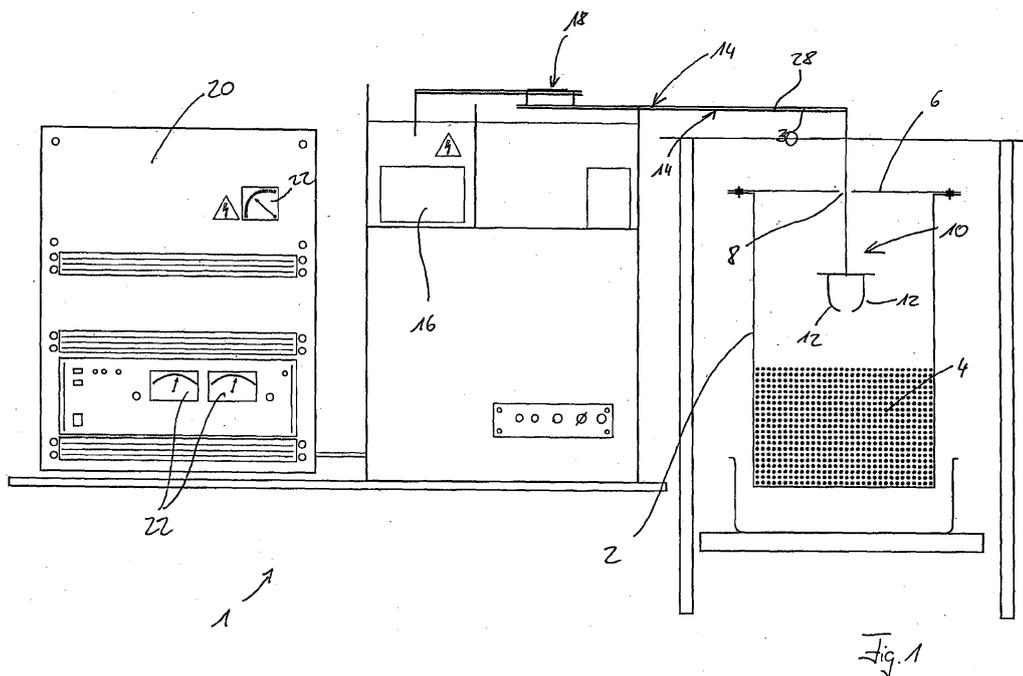
(30) Priorität: **28.03.2013 DE 102013005392**

(71) Anmelder: **HLW-LSA GmbH**
Hoch-Leistungs Werkstoffe
38871 Ilsenburg (DE)

(54) **Vorrichtung zum Zerkleinern von Feststoffen**

(57) Vorrichtung (1) zum Zerkleinern von Feststoffen (4), wobei die Vorrichtung (1) einen Behälter (2) zum Aufnehmen der Feststoffe (4), eine Spannungsquelle (16) zum Erzeugen einer elektrischen Spannung und einen Druckwellenerzeuger (10) aufweist, der über zwei elektrische Leiter (14) mit der Spannungsquelle (16) verbunden ist, und eingerichtet ist, in einer Flüssigkeit, die sich in dem Be-

hälter (2) befindet, Druckwellen (26) zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (14) plattenförmig ausgebildet sind, jeweils eine Oberseite (28) und eine der Oberseite (28) gegenüberliegende Unterseite (30) aufweisen und so angeordnet sind, dass die Oberseite (28) eines elektrischen Leiters (14) der Unterseite (30) des anderen elektrischen Leiters (14) zugewandt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Zerkleinern von Feststoffen, wobei die Vorrichtung einen Behälter zum Aufnehmen der Feststoffe, eine Spannungsquelle zum Erzeugen einer elektrischen Spannung und einen Druckwellenerzeuger aufweist, der über zwei elektrische Leiter mit der Spannungsquelle verbunden ist und eingerichtet ist, in einer Flüssigkeit, die sich in dem Behälter befindet, Druckwellen zu erzeugen.

[0002] Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der DE 195 43 914 C1 bekannt. Die zu zerkleinernden Feststoffe werden in den Behälter der Vorrichtung eingefüllt, der mit einer Flüssigkeit gefüllt ist oder nachträglich gefüllt wird. In dieser Flüssigkeit können durch den Druckwellenerzeuger Druckwellen erzeugt werden, die sich in der Flüssigkeit ausbreiten und auf die eingefüllten Feststoffe treffen. Dadurch werden diese mechanisch zerkleinert. Mit einer derartigen Vorrichtung ist es möglich, die Feststoffe soweit zu zerkleinern, dass sie in Nanopartikeln vorliegen. Der Druckwellenerzeuger verfügt oft über zwei in die Flüssigkeit hineinragende Elektroden. Bei der DE 195 43 914 C1 wird beispielsweise ein Aufnahmekorb, in dem die Feststoffe angeordnet werden, als eine der Elektroden verwendet. Zwischen diesen beiden Elektroden wird eine Spannung angelegt, die so hoch ist, dass es zum Durchschlag kommt. Es entsteht also innerhalb der Flüssigkeit ein Lichtbogen, der aufgrund des hydroelektrischen Effektes zu Schockwellen führt, die sich in der Flüssigkeit ausbreiten.

[0003] Derartige Anlagen werden gepulst betrieben, so dass an den Elektroden kurze Spannungsspitzen anliegen, die den Lichtbogen hervorrufen. Dazu sind neben hohen Spannungen auch große Stromstärken nötig, so dass der Energiebedarf relativ hoch ist. Aus dem Stand der Technik sind daher einige Versuche bekannt, gattungsgemäße Vorrichtungen effizienter zu gestalten und einen besseren Wirkungsgrad zu erreichen. Aus der DE 195 34 232 C2 ist es beispielsweise bekannt, die Form der Spannungsspitzen auf das jeweilige Material abzustimmen, so dass der Lichtbogen nicht oder nicht nur in der Flüssigkeit, sondern zumindest auch in dem zu zerkleinernden Feststoff selbst erzeugt wird. Dadurch werden in den Festkörpern oder Festkörperfragmenten entlang interner Entladewege Schockwellen ausgelöst, durch die die einzelnen Festkörper explodieren. Dies hat jedoch eine sehr genaue Kenntnis der Materialien und eine individuelle Einstellung der Spannungsspitzen auf die jeweiligen Materialien zur Folge. Dies führt zu einem erhöhten Steueraufwand, so dass kompliziertere und aufwändigere Steuermechanismen vorgesehen sein müssen. Dadurch wird der apparative Aufbau komplex und somit kostenintensiv.

[0004] Aus der US 5,758,831 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der der Behälter einen Innenraum aufweist, der ellipsenförmig ausgebildet ist. Diese Ellipse, die die Kontur des Innenraums beschreibt, verfügt über zwei Brennpunkte, wobei das zu zerkleinernde Material in der

Nähe des einen Brennpunkts angeordnet ist und die beiden Elektroden so positioniert sind, dass der Lichtbogen im zweiten Brennpunkt der Ellipse entsteht. Dies hat jedoch zur Folge, dass die beiden Elektroden relativ genau positioniert werden müssen, um sicherzustellen, dass der Lichtbogen an der gewünschten Stelle erzeugt wird. Zudem ist es nicht möglich, den Abstand beispielsweise der Elektroden von dem Material, das zu zerkleinern ist, zu verändern, um auf geänderte Materialeigenschaften oder Größenverteilungen in den zu zerkleinernden Feststoffen eingehen zu können.

[0005] Ähnliche Vorrichtungen sind aus der Medizintechnik bekannt, mit denen beispielsweise Nierensteine zertrümmert werden können. Beispielfhaft sei hier auf die DE 197 18 513 C2 und die EP 590 177 B1 verwiesen.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so zu verbessern, dass sie einen besseren Wirkungsgrad aufweist.

[0007] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die elektrischen Leiter plattenförmig ausgebildet sind, jeweils eine Oberseite und eine der Oberseite gegenüber liegende Unterseite aufweisen und so angeordnet sind, dass die Oberseite eines elektrischen Leiters der Unterseite des anderen elektrischen Leiters zugewandt ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass beispielsweise durch einen erzeugten Lichtbogen besonders starke Druckwellen erzeugt werden können, wenn die Spannungsspitze, die durch die elektrischen Leiter an den Druckwellenerzeuger gesandt wird, möglichst steile Flanken aufweist. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass die Vorrichtung und insbesondere die elektrischen Leiter möglichst induktionsarm ausgebildet werden. Derartige Überlegungen sind aus dem Stand der Technik bisher nicht bekannt.

[0009] Aus der US 5,758,831 ist im Gegenteil bekannt, die elektrischen Leiter gemeinsam zum Druckwellenerzeuger zu leiten. Dafür wird ein einzelnes Koaxialkabel verwendet, wobei die Seele oder der Innenleiter den ersten elektrischen Leiter und der Außenleiter oder die Abschirmung den zweiten elektrischen Leiter bildet. Wird nun durch ein derartiges Kabel eine Spannungs- und Stromspitze gesandt, um beispielsweise zwischen zwei Elektroden einen Lichtbogen zu erzeugen, kommt es zu starken Magnetfeldern und Induktionen, die eine rasche Weiterleitung des Stromes mit der anliegenden Spannung verhindern. Daher wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die elektrischen Leiter plattenförmig auszubilden. Dies bedeutet, dass die jeweiligen elektrischen Leiter in einer ersten Richtung senkrecht zur Stromflussrichtung eine deutlich größere Ausdehnung aufweisen als in einer zweiten Richtung, die senkrecht auf der ersten Richtung und auf der Stromflussrichtung steht. Die elektrischen Leiter weisen eine Oberseite, eine Unterseite und zwei Seitenflächen auf, wobei die Oberseite und die Unterseite größer als die Seitenflächen sind. Die jeweiligen Flächen müssen dabei nicht eben ausgebildet sein,

sondern können gewölbt oder gebogen sein. Derartige elektrische Leiter, die beispielsweise aus Kupfer gefertigt sein können, führen im Vergleich zu den bisher verwendeten Koaxialkabeln, die für die jeweiligen elektrischen Leiter eine deutlich geringere Querschnittsfläche aufweisen, zu einer deutlichen Verringerung der Stromdichte und damit zu einer Verringerung der magnetischen Felder im Außenraum um die elektrischen Leiter herum. Hinzu kommt, dass die magnetischen Felder der beiden elektrischen Leiter für den Fall, dass diese von Strom durchflossen werden, sich gegenseitig kaum beeinflussen, wenn die beiden elektrischen Leiter so aneinander angeordnet werden, dass eine Oberseite des einen Leiters der Unterseite des anderen Leiters zugewandt ist.

[0010] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der beiden elektrischen Leiter werden folglich die Induktivitäten in der Anlage minimiert, so dass es nicht oder kaum zu einer Verschiebung der Stromspitze relativ zur Spannungsspitze kommt. Dies hat einen besonders steilen Anstieg des Strompulses zur Folge, so dass ein besonders vorteilhafter Lichtbogen und damit eine besonders starke Druckwelle erzeugt werden kann.

[0011] Vorzugsweise verfügt der Druckwellenerzeuger folglich über zwei in die Flüssigkeit hineinragende Elektroden. Von diesen ist eine mit dem ersten elektrischen Leiter und die andere mit dem zweiten elektrischen Leiter verbunden, so dass sich der Stromkreis in dem Moment schließt, wo zwischen den beiden Elektroden ein Lichtbogen erzeugt wird. Dieser führt in der Flüssigkeit zu einem plötzlichen Verdampfen eines Teils der Flüssigkeit und damit zu einer schlagartigen Volumenzunahme. Dadurch wird eine erste Druckwelle erzeugt. Beim späteren Zusammenbrechen der so erzeugten Kavitäten wird eine weitere Druckwelle erzeugt, so dass zwei Druckwellen mit entgegengesetztem Vorzeichen sich in der Flüssigkeit ausbreiten und auf die zu zerkleinernden Feststoffe treffen.

[0012] Als vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn die beiden elektrischen Leiter parallel zueinander verlaufen. Dies hat eine besonders homogene Ausbildung der einzelnen magnetischen Felder und damit eine möglichst geringe Beeinflussung des Stromflusses in den elektrischen Leitern durch die magnetischen Felder des jeweils anderen Leiters zur Folge. Zudem ist es eine konstruktiv einfache und damit vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung.

[0013] Die beiden elektrischen Leiter sind vorteilhafterweise in ein elektrisch isolierendes Material eingehüllt. Besonders vorzugsweise sind die beiden Leiter gemeinsam in dieses Material eingehüllt. Das Material kann beispielsweise in vorgefertigten Formteilen vorliegen, in die die beiden elektrischen Leiter beispielsweise eingelegt werden. Die Formteile können anschließend miteinander verbunden, beispielsweise verklebt, verschraubt oder vernietet werden, um eine möglichst sichere Befestigung der Formteile aneinander zu gewährleisten. Diese sichere Befestigung ist nötig, um die durch die großen Ströme und Spannungen auftretenden Kräfte aufnehmen zu

können. Die elektrischen Leiter sind in diesem Zustand vollständig von dem isolierenden Material umgeben, wobei natürlich eine elektrische Kontaktierung weiterhin ermöglicht bleibt.

5 **[0014]** Vorzugsweise sind die beiden elektrischen Leiter in das elektrisch isolierende Material eingegossen. Dadurch wird eine besonders sichere Verbindung zwischen dem isolierenden Material und dem Leiter gewährleistet und eine präzise Fertigung von eventuell benötigten Formteilen aus dem elektrisch isolierenden Material ist unnötig. Dadurch wird der Fertigungsaufwand reduziert und gleichzeitig die Qualität der elektrischen Isolierung erhöht.

10 **[0015]** Das elektrisch isolierende Material ist vorteilhafterweise ein Keramikmaterial, ein glasfaserverstärkter Kunststoff oder ein Epoxidharz. Natürlich sind auch Kombinationen dieser Werkstoffe möglich. Insbesondere der glasfaserverstärkte Kunststoff zeichnet sich durch eine leichte Verarbeitbarkeit, gute Anpassungsmöglichkeiten an die jeweilige Form des elektrischen Leiters sowie ein geringes Eigengewicht aus. Hingegen können Epoxidharz oder auch flüssige Keramiken verwendet werden, um die Leiter in das Material einzugießen und so die bereits erwähnten Vorteile zu erreichen.

15 **[0016]** Der Druckwellenerzeuger ist vorteilhafterweise durch ein Schaltelement schaltbar, das als ein Thyatron ausgebildet ist. Ein Thyatron ist als Hochleistungsschalter aus dem Stand der Technik bekannt und kann insbesondere dann verwendet werden, wenn große elektrische Ströme und/oder elektrische Spannungen verwendet werden müssen. Dies ist insbesondere für die Ausbildung der Vorrichtung mit zwei Elektroden der Fall, bei denen in der Flüssigkeit ein Lichtbogen erzeugt werden muss. Insbesondere in diesen Fällen sind elektrisch isolierende Materialien von Vorteil, in die die elektrischen Leiter eingegossen werden können, damit die teilweise erheblichen Stromkräfte, die bei den elektrischen Leitern auftreten können, aufgenommen werden können. So ist es insbesondere möglich, besonders geringe Isolationsabstände zwischen den beiden elektrischen Leitern zu erreichen, so dass die Anlage baulich kompakt ausgebildet werden kann. Versuche haben ergeben, dass ein Abstand zwischen den beiden plattenförmigen elektrischen Leitern von fünf Millimetern bei einer Kondensatorspannung von 15.000 Volt ausreichend ist.

20 **[0017]** Als vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn ein Abstand zwischen den beiden Elektroden vorzugsweise stufenlos einstellbar ist. Durch den Abstand wird einerseits die Länge des erzeugten Lichtbogens und andererseits auch die dafür benötigte Spannung und Stromstärke eingestellt. Je kleiner der Lichtbogen ist, desto geringere Ausdehnungen haben die erzeugten Druckwellen. Dies kann insbesondere für den Fall von Vorteil sein, dass kleine Feststoffbauteile weiter zerkleinert werden sollen. Auf diese Weise kann fokussiert auf das jeweilige Werkstück eingewirkt werden und gleichzeitig der benötigte Energieaufwand reduziert werden.

25 **[0018]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung

der Vorrichtung ist die Position der Elektroden in den Behälter einstellbar. Auch auf diese Weise kann auf die jeweiligen Gegebenheiten der zu zerkleinernden Feststoffe reagiert werden und beispielsweise der Abstand zwischen den Elektroden und dem zwischen ihnen zu erzeugenden Lichtbogen und den zu zerkleinernden Feststoffen eingestellt werden. Die durch den Lichtbogen erzeugten Druckwellen nehmen in ihrer Intensität mit dem Abstand von dem Lichtbogen quadratisch ab, so dass dafür eine effiziente und effektive Zerkleinerung ein möglichst kleiner Abstand zum Lichtbogen wünschenswert ist. Durch eine Verschiebung der Elektroden innerhalb des Behälters kann die Position des Lichtbogens frei eingestellt werden, so dass eine möglichst optimale Position relativ zu den zu zerkleinernden Feststoffen erreichbar ist.

[0019] Natürlich sind auch andere Möglichkeiten der Druckwellenerzeugung denkbar. Der Druckwellenerzeuger kann vorteilhafterweise beispielsweise auch einen gepulsten Laser aufweisen, durch den ebenfalls Schock- bzw. Druckwellen in der Flüssigkeit erzeugbar sind. Natürlich sind auch andere Möglichkeiten aus dem Stand der Technik bekannt und in einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendbar.

[0020] Mit der Vorrichtung ist es möglich, Feststoffe so weit zu zerkleinern, dass sie in Nanopartikelgröße vorliegen, die eine Ausdehnung von wenigen zehn Nanometern haben können. Um zu verhindern, dass diese Partikel sich am Boden des Behälters absetzen und so einen großen und damit ungünstigen Abstand von beispielsweise den Elektroden des Druckwellenerzeugers einnehmen können, kann eine Verwirbelungseinrichtung vorhanden sein, die die Flüssigkeit und damit die in der Flüssigkeit befindlichen Feststoffe umwälzt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass alle Feststoffe bewegt werden und in einen möglichst günstigen Abstand zu dem erzeugten Lichtbogen beziehungsweise den auf andere Weise erzeugten Druckwellen gebracht werden können. Zudem ist es möglich, die Vorrichtung beispielsweise im Dauerbetrieb zu betreiben und so beispielsweise durch ein Sieb am Boden des Behälters die Feststoffanteile, die eine ausreichend kleine Größe aufweisen, abzuführen und gleichzeitig frisches Material und frische zu zerkleinernde Feststoffe in den Behälter einzuführen. Die Dauer, Stärke und Frequenz der einzelnen Druckwellen, die durch den Druckwellenerzeuger erzeugt werden, hängt neben den zu zerkleinernden Feststoffen auch von der Größenverteilung der Feststoffe vor und natürlich auch nach der Zerkleinerung ab.

[0021] Insbesondere für den Fall, dass die Druckwellen über einen elektrischen Lichtbogen erzeugt werden, wirken neben den Druckwellen auch elektrische und magnetische Felder auf die zu zerkleinernden Werkstoffe. Trifft ein derartiger elektrohydraulischer Impuls in einem flüssigen Medium beispielsweise auf ein Elastomer, fällt dessen Glasktemperatur abhängig von der Konsistenz des Elastomers um bis zu 20 Grad. Dies bedeutet, dass

Materialien, deren Glasktemperatur in einem Bereich knapp oberhalb der Temperatur der verwendeten Flüssigkeit liegt, vor dem Zerkleinern mit der Vorrichtung nicht versprödet werden müssen. Eine zusätzliche Verwendung von flüssigem Stickstoff oder ähnlichen Versprödungsmitteln entfällt daher. So wird auch die Zerkleinerung dieser Elastomere, die ansonsten ohne zusätzliche Versprödung durch mechanische Impulseinwirkungen nicht zu zerkleinern sind, möglich.

[0022] Der Behälter verfügt vorteilhafterweise über eine Zu- und eine Ableitung, durch die die Flüssigkeit in den Behälter eingefüllt bzw. aus ihm entfernt werden kann. Als vorteilhaft hat sich zudem herausgestellt, wenn durch diese Zu- und Ableitung unterschiedliche Flüssigkeiten gegebenfalls bei unterschiedlicher Temperatur und unterschiedlichem Druck in den Behälter eingefüllt beziehungsweise aus ihm entfernt werden können. So weist die Vorrichtung beispielsweise eine Zuführeinrichtung zum Zuführen von flüssigem CO₂ in den Behälter auf. Dafür wird die genannte Zuleitung verwendet. Das flüssige CO₂ steht dabei beispielsweise unter einem Druck von 70 bar, so dass die Feststoffe, die durch die Vorrichtung zerkleinert werden sollen, diesem Druck permanent ausgesetzt sind. Dadurch werden beispielsweise Prozessöle und andere insbesondere flüssige Stoffe aus den Feststoffen herausgedrückt.

[0023] Die Vorrichtung verfügt zudem vorteilhafterweise über eine Druckentlastungseinrichtung, durch die der Behälter so belüftet beziehungsweise entspannt werden kann, dass der Druck, unter dem das Kohlendioxyd steht, verringert wird. Dadurch tritt das Kohlendioxyd in die gasförmige Phase über. Handelt es sich bei den Feststoffen um kontaminierte Feststoffe, können durch das flüssige CO₂ extrahierte Bestandteile und insbesondere Gift- und Gefahrstoffe in gasförmiger Weise mit dem Kohlendioxyd dem Behälter entzogen und anschließend aus dem CO₂ extrahiert werden. Das Kohlendioxyd kann aufgereinigt und wieder verwendet werden. Auch hierfür verfügt die Vorrichtung über geeignete Einrichtungen.

[0024] Durch das Überführen des flüssigen Kohlendioxyds in die gasförmige Phase kommt es zudem zu einem starken Abkühlen der Temperatur innerhalb des Behälters und damit auch der Temperatur der Feststoffe. Dies ist insbesondere für die weitere Zerkleinerung von Elastomeren oder anderen Kunststoffen von Vorteil, die durch die starke Abkühlung versprödet werden und so der mechanischen Zertrümmerung zugänglich werden.

[0025] Nachdem das Kohlendioxyd dem Behälter entnommen wurde, kann beispielsweise Wasser als neue Flüssigkeit über die Zuleitung eingefüllt werden. In dieser Flüssigkeit werden anschließend durch den Druckwellenerzeuger die zur Zertrümmerung notwendigen Druckwellen erzeugt. Die zertrümmerten und zerkleinerten Feststoffe können anschließend wie bei jeder anderen hier beschriebene Vorrichtung, beispielsweise durch Feinstsiebe, im kontinuierlichen Verfahren dem Behälter entzogen werden.

[0026] Mit Hilfe einer Zeichnung wird nachfolgend ein

Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 - die schematische Ansicht einer Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung

Figur 2 - die schematische Darstellung aus Figur 1, in der die Druckwellen erzeugt werden,

Figur 3 - die Darstellung eines Teils einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Figur 4 - die Darstellung eines weiteren Ausschnittes einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und

Figur 5 - eine weitere Darstellung einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0027] Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Sie verfügt über einen Behälter 2, in dem sich im in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel zu zerkleinernde Feststoffe 4 befinden. Der Behälter 2 ist durch einen Deckel 6 verschließbar, in dem sich eine Öffnung 8 befindet, durch die ein Druckwellenerzeuger 10 in den Behälter 2 hineinragt. Dieser verfügt über zwei Elektroden 12, deren Abstand voneinander über eine Einstellvorrichtung, die in Figur 1 nicht dargestellt ist, eingestellt werden kann.

[0028] Der Druckwellenerzeuger 10 ist durch zwei elektrische Leiter 14 mit einer Spannungsquelle 16 verbunden. Die elektrischen Leiter 14 sind durch parallele Doppellinien dargestellt. Sie sind plattenförmig und in Figur 1 in einer Seitenansicht dargestellt, so dass die elektrischen Leiter 14 in einer Richtung senkrecht zur Zeichenebene eine deutlich größere Ausdehnung aufweisen als die in Figur 1 gezeigte Ausdehnung von oben nach unten. Die Darstellung der elektrischen Leiter 14 ist gewählt worden, um darzustellen, dass zwischen den beiden elektrischen Leitern 14 nur ein sehr geringer Abstand einzuhalten ist, um ein Überspringen eines elektrischen Funkens zwischen den beiden elektrischen Leitern zu verhindern. Vorzugsweise sind die elektrischen Leiter 14 in eine elektrisch isolierende Masse eingegossen.

[0029] In den Verlauf der elektrischen Leiter 14 ist ein Schaltelement 18 eingefügt, das beispielsweise in Form eines Thyratrons ausgebildet sein kann. Durch das Schaltelement 18 wird die elektrische Spannung aus der Spannungsquelle 16 zu den Elektroden 12 geleitet, zwischen denen anschließend der Lichtbogen entsteht.

[0030] Die Spannungsquelle 16 ist bevorzugt mit einer Mehrzahl von Kondensatoren verbunden, die für den Lichtbogen benötigte Spannung aufbringen. Neben der Spannungsquelle 16 befindet sich ein Bediengerät 20,

bei dem beispielsweise die gewünschten Spannungen und Stromstärken einstellbar und über Anzeigeelemente 22 ablesbar sind. Zudem kann beispielsweise ein Abstand der beiden Elektroden 12 voneinander oder eine Position der Elektroden 12 relativ zu den eingeführten Feststoffen 4 eingestellt werden.

[0031] Figur 2 zeigt die Vorrichtung 1 aus Figur 1, bei der das Schaltelement 18 die elektrische Spannung, die von der Spannungsquelle 16 erzeugt wurde, an die Elektroden 12 weitergeleitet hat. Dadurch entsteht ein Lichtbogen 24, durch den die in Figur 2 schematisch angedeuteten Druckwellen 26 erzeugt werden. Die Feststoffe 4, die sich im Behälter 2 befinden, werden durch diese Druckwellen 26 zerkleinert.

[0032] Man erkennt sowohl in Figur 1 als auch in Figur 2, dass die beiden elektrischen Leiter 14 so angeordnet sind, dass eine Oberseite 28 des in den Figuren unteren elektrischen Leiters 14 einer Unterseite 30 des in den Figuren oberen elektrischen Leiters 14 zugewandt ist.

[0033] Figur 3 zeigt einen Ausschnitt aus der Vorrichtung 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Zentral ist das Schaltelement 18 in Form eines Thyratrons dargestellt, das von den plattenförmigen elektrischen Leitern 14 umgeben ist. Jeder der beiden elektrischen Leiter 14 verfügt über eine Oberseite 28 und eine Unterseite 30, wobei die beiden elektrischen Leiter 14 so angeordnet sind, dass die Oberseite 28 des unteren elektrischen Leiters 14 der Unterseite 30 des oberen elektrischen Leiters 14 zugewandt ist.

[0034] Man erkennt, dass die elektrischen Leiter 14 sich links und rechts vom Schaltelement 18 befinden, wobei der elektrische Leiter 14, der auf der rechten Seite den oberen elektrischen Leiter 14 bildet, auf der linken Seite den unteren elektrischen Leiter bildet. Dazwischen sind diese beiden Bauteile über säulenartige Leiterelemente 32 verbunden. Die Verbindung zwischen den anderen beiden elektrisch leitenden Bauteilen, die den zweiten elektrischen Leiter 14 bilden, erfolgt durch das Schaltelement 18.

[0035] Figur 4 zeigt einen weiteren Ausschnitt aus einer Vorrichtung 1. Zu erkennen ist wieder das Schaltelement 18 sowie die beiden elektrischen Leiter 14. Am in Figur 4 rechten Ende der beiden elektrischen Leiter 14 befindet sich jeweils ein Kontaktelement 34, an deren unteren Enden sich eine elektrische Zuleitung 36 befindet, die zu den Elektroden 12 führt, die in dem gezeigten Behälter 2 enthalten sind.

[0036] Sowohl in Figur 3 als auch in Figur 4 ist zu erkennen, dass der Abstand der beiden elektrischen Leiter 14 voneinander relativ zu ihrer Ausdehnung in den übrigen Raumrichtungen sehr gering ausgebildet ist. Dies ist aufgrund der besonderen geometrischen Ausgestaltung der elektrischen Leiter 14 möglich. In den Figuren 3 und 4 sind die elektrischen Leiter 14 noch nicht in ein isolierendes Material eingebettet.

[0037] Figur 5 hingegen zeigt die Vorrichtung aus den Figuren 3 und 4, wobei die elektrischen Leiter 14 in einem elektrisch isolierenden Material 38 eingeschlossen ist.

Das isolierende Material 38 ist im Figur 5 gezeigten Ausführungsbeispiel in Form von Schienenelementen ausgeführt, die um die elektrischen Leiter 14 herumgelegt und mit einer Vielzahl von Verbindungselementen 40, die beispielsweise als Schrauben ausgebildet sein können, verbunden sind.

[0038] Natürlich ist es auch möglich, ein elektrisch isolierendes Material 38 zu verwenden, das beispielsweise im flüssigen Zustand verarbeitet werden kann und die elektrischen Leiter 14 in dieses Material einzugießen.

[0039] Die elektrischen Zuleitungen 36 verlaufen vom in Figur 5 rechten Ende der elektrischen Leiter 14 nach unten in den Behälter 2 der Vorrichtung 1.

Bezugszeichenliste

[0040]

1	Vorrichtung
2	Behälter
4	Feststoffe
6	Deckel
8	Öffnung
10	Druckwellenerzeuger
12	Elektroden
14	Elektrische Leiter
16	Spannungsquelle
18	Schaltelement
20	Bediengerät
22	Anzeigeelement
24	Lichtbogen
26	Druckwellen
28	Oberseite
30	Unterseite
32	Leiterelement
34	Kontaktelement
36	Elektrische Zuleitung
38	Elektrisch isolierendes Material

40 Verbindungselement

Patentansprüche

- 5 1. Vorrichtung (1) zum Zerkleinern von Feststoffen (4), wobei die Vorrichtung (1) einen Behälter (2) zum Aufnehmen der Feststoffe (4),
10 eine Spannungsquelle (16) zum Erzeugen einer elektrischen Spannung und einen Druckwellenerzeuger (10) aufweist, der über zwei elektrische Leiter (14) mit der Spannungsquelle (16) verbunden ist, und
15 eingerichtet ist, in einer Flüssigkeit, die sich in dem Behälter (2) befindet, Druckwellen (26) zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Leiter (14)
20 plattenförmig ausgebildet sind, jeweils eine Oberseite (28) und eine der Oberseite (28) gegenüber liegende Unterseite (30) aufweisen und
25 so angeordnet sind, dass die Oberseite (28) eines elektrischen Leiters (14) der Unterseite (30) des anderen elektrischen Leiters (14) zugewandt ist.
- 30 2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckwellenerzeuger (10) zwei in die Flüssigkeit ragende Elektroden (12) aufweist.
- 35 3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden elektrischen Leiter (14) parallel zueinander verlaufen.
- 40 4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden elektrischen Leiter (14) insbesondere gemeinsam in ein elektrisch isolierendes Material eingehüllt sind.
- 45 5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Leiter (14) in das elektrisch isolierende Material eingegossen sind.
- 50 6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrisch isolierende Material ein Keramikmaterial, ein glasfaserverstärkter Kunststoff oder ein Epoxidharz ist.
- 55 7. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckwellenerzeuger (10) durch ein Schaltelement (18) schaltbar ist, dass als ein Thyatron ausgebildet ist.
8. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand der beiden Elektroden (12) voneinander vorzugsweise stufenlos einstellbar ist.

9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Position der Elektroden (12) in dem Behälter (2) einstellbar ist.

10. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckwellenerzeuger (10) einen gepulsten Laser aufweist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

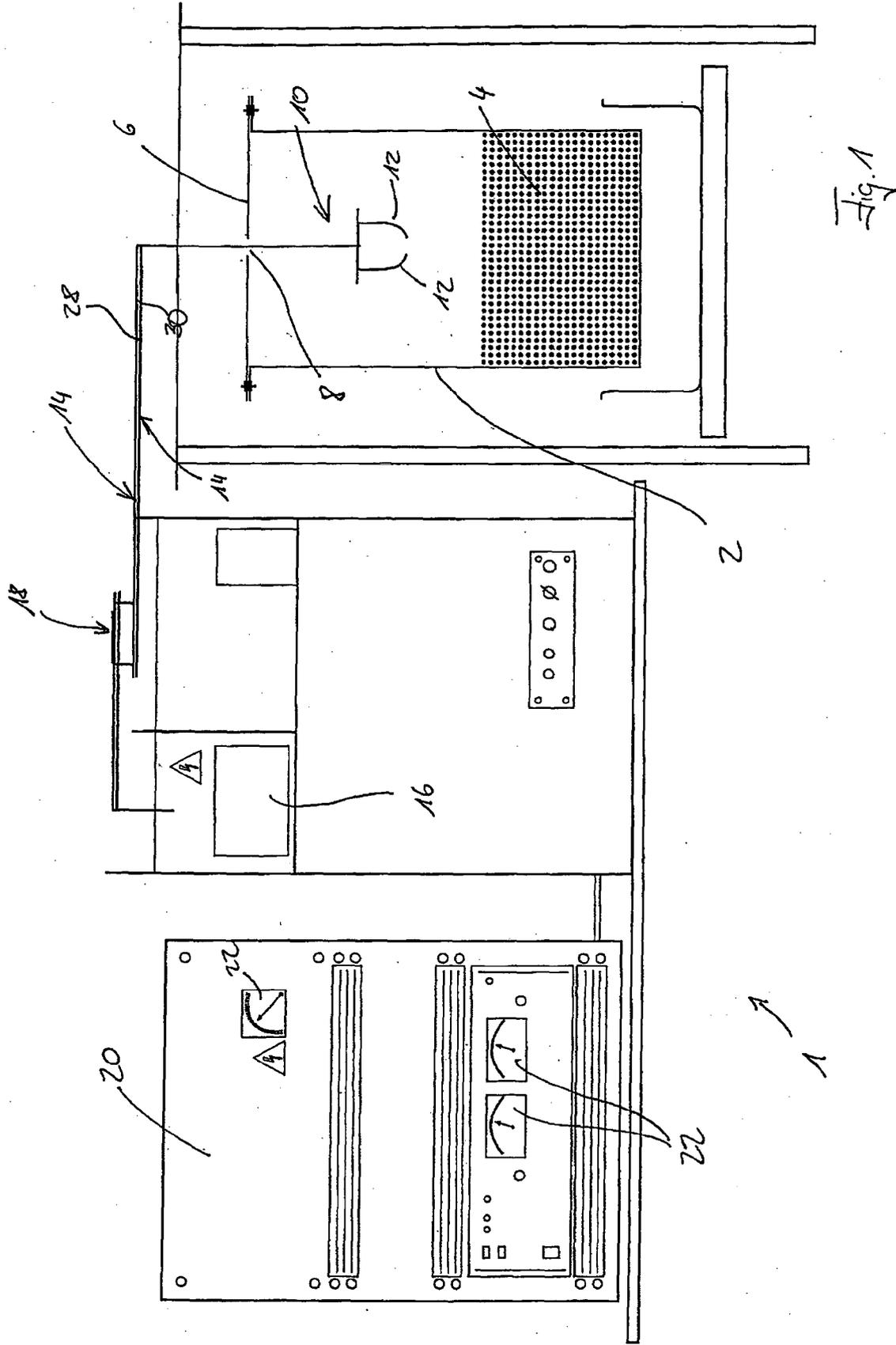


Fig. 1

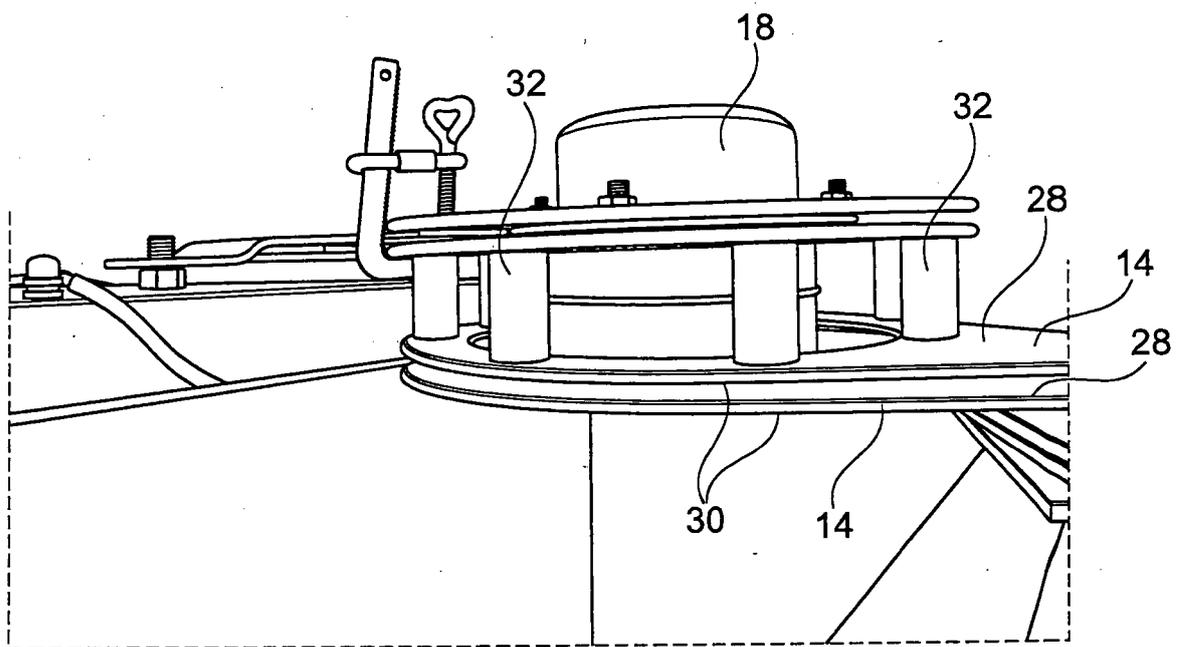


Fig. 3

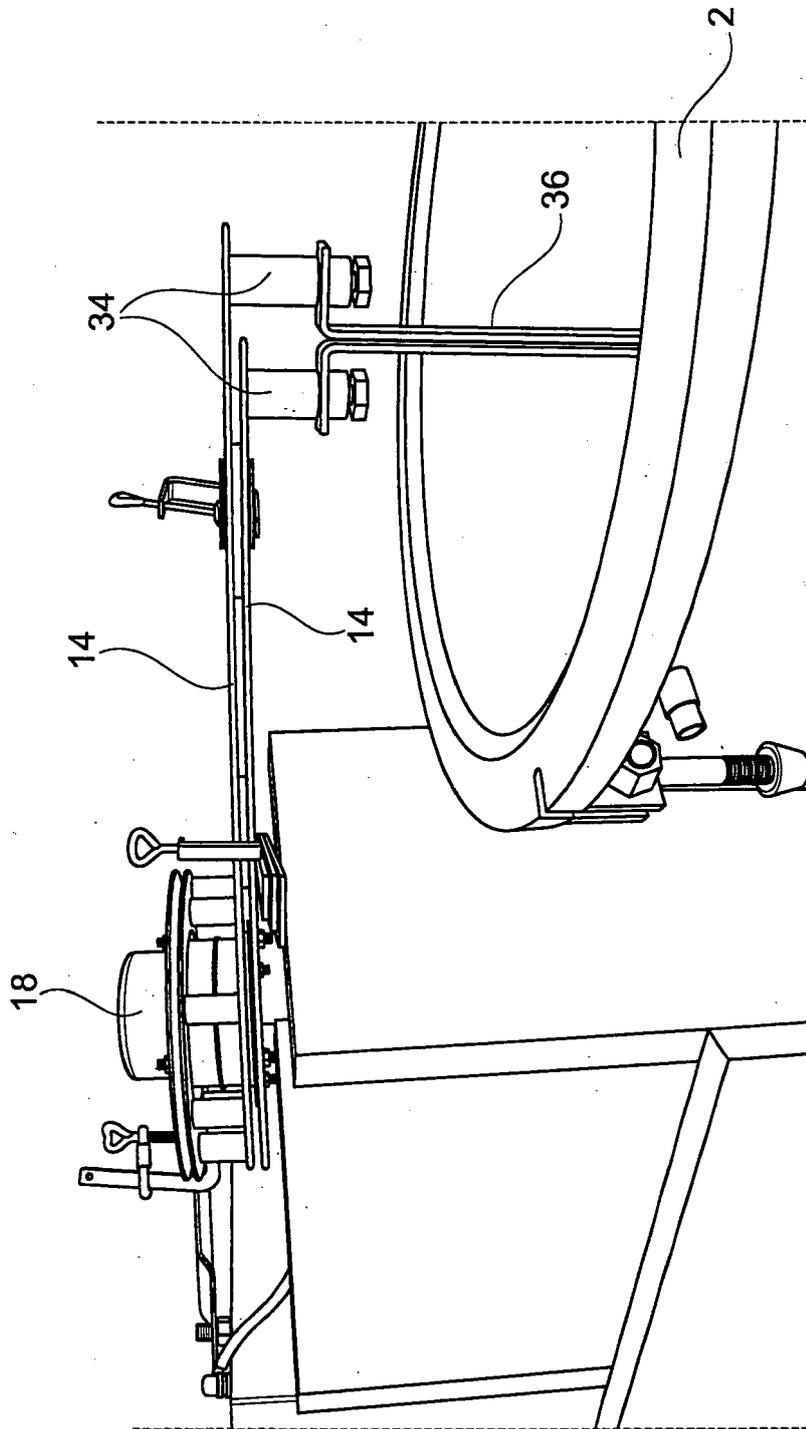


Fig. 4

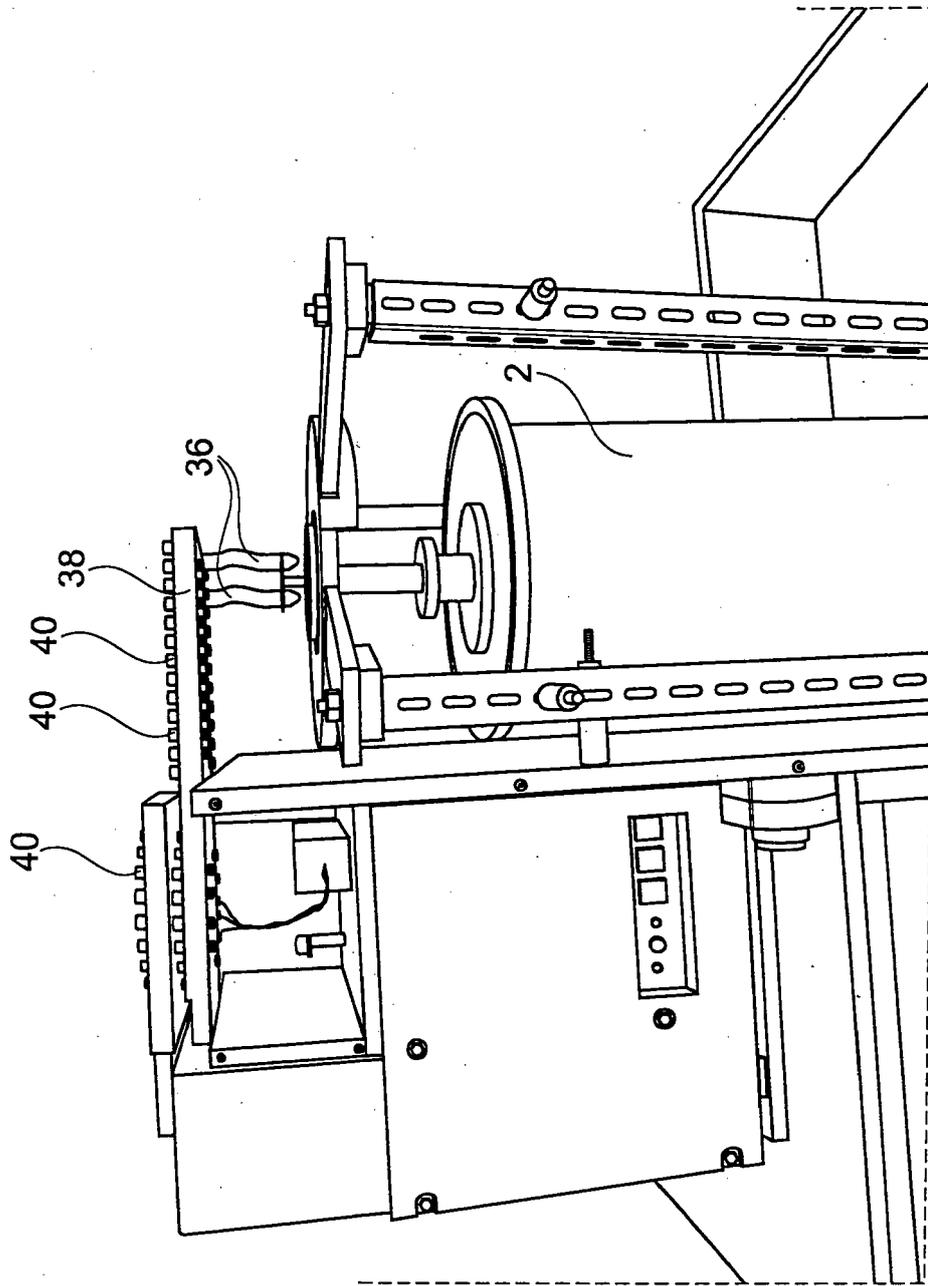


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 00 1091

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 234 429 A (SCHROM EDWARD C) 8. Februar 1966 (1966-02-08)	1-7	INV. B02C19/18
Y	* Spalte 4, Zeile 53 - Spalte 5, Zeile 73; Abbildungen *	8-10	
X,D	----- US 5 758 831 A (COLLINS KENNETH D [US] ET AL) 2. Juni 1998 (1998-06-02) * Spalte 5, Zeile 61 - Spalte 7, Zeile 19; Abbildungen 2,3 *	1-3,8,9	
Y	----- US 3 735 195 A (JENKINS E ET AL) 22. Mai 1973 (1973-05-22) * Ansprüche *	8,9	
Y	----- DE 10 2008 012539 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. September 2009 (2009-09-10) * Anspruch 3 *	10	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C H03K G10K B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Juli 2014	Prüfer Leitner, Josef
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	

2
EPC FORM 1503 03.02 (P/4C03)

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

EP 14 00 1091

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

14-07-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3234429 A	08-02-1966	GB 1047730 A	09-11-1966
		NL 6413036 A	14-05-1965
		SE 312616 B	21-07-1969
		US 3234429 A	08-02-1966

US 5758831 A	02-06-1998	KEINE	

US 3735195 A	22-05-1973	KEINE	

DE 102008012539 A1	10-09-2009	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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19543914 C1 [0002]
- DE 19534232 C2 [0003]
- US 5758831 A [0004] [0009]
- DE 19718513 C2 [0005]
- EP 590177 B1 [0005]