

(19)



(11)

EP 3 894 080 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

19.03.2025 Patentblatt 2025/12

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B02C 19/18 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19820710.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

B02C 19/18; B02C 2019/183

(22) Anmeldetag: **10.12.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2019/084332

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2020/120437 (18.06.2020 Gazette 2020/25)

(54) **EINRICHTUNG ZUR BEANSPRUCHUNG VON PARTIKELN MITTELS ELEKTROIMPULSEN**

DEVICE FOR STRESSING PARTICLES BY MEANS OF ELECTRIC PULSES

SYSTÈME D'APPLICATION D'UNE CONTRAINTE SUR DES PARTICULES AU MOYEN D'IMPULSIONS ÉLECTRIQUES

(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**

• **HOSKE, Petra**

01069 Dresden (DE)

• **KRAMPITZ, Thomas**

09599 Freiberg (DE)

• **KUNZE, Günter**

01069 Dresden (DE)

• **MEZZETTI, Margarita**

09599 Freiberg (DE)

• **POPOV, Oleg**

09599 Freiberg (DE)

• **VOIGT, Matthias**

01069 Dresden (DE)

(30) Priorität: **10.12.2018 DE 102018131541**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

20.10.2021 Patentblatt 2021/42

(73) Patentinhaber:

- **Technische Universität Bergakademie Freiberg
09599 Freiberg (DE)**
- **Haver Engineering GmbH
09599 Freiberg (DE)**

(74) Vertreter: **BSB Patentanwälte**

Schütte & Engelen Partnerschaft mbB

Am Markt 10

59302 Oelde (DE)

(72) Erfinder:

- **LIEBERWIRTH, Holger
09599 Freiberg (DE)**
- **ANDERS, Erik
01069 Dresden (DE)**
- **HESSE, Max
09599 Freiberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A1- 19 534 232 DE-A1- 19 902 010

FR-A- 1 341 851 US-A- 3 207 447

EP 3 894 080 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Einrichtungen zur Beanspruchung von Partikeln mittels Elektroimpulsen mit einer Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln, wenigstens einem vertikal angeordneten Rohrstück mit einem Reaktionsraum zur Beanspruchung von Partikeln und einer Vorrichtung zum Austrag von Partikeln.

[0002] Das Prinzip der Zerkleinerung von Feststoffen durch Elektroimpulse ist bekannt. Diese Elektroimpulsverfahren besitzen Nachteile insbesondere bei der kontinuierlichen Förderung von aus Feststoffen bestehendem Aufgabegut durch den Reaktionsraum sowie der material- und partikelgrößenabhängig unterschiedlichen erforderlichen Verweilzeiten im Reaktionsraum. Weiterhin besteht eine Gefahr von Schädigungen von Bauteilen durch die zur Anwendung kommenden Elektroimpulse.

[0003] Durch die Druckschrift FR 1 341 851 A (sowie US 3207447 A) ist eine Anlage für eine kontinuierliche elektrohydraulische Zerkleinerung und Mischung von Stoffen in einem flüssigen Medium bekannt. Die elektrischen Entladungen erfolgen durch die den zu zerkleinernden Stoff umgebende Flüssigkeit, in der Regel Wasser. Durch den in der Flüssigkeit entstehenden Plasmakanal wird in dieser eine Druckwelle erzeugt, die das zu zerkleinernde Material trifft und dieses beansprucht. Die dazu erforderliche Erzeugung der Elektroimpulse erfolgt mittels Schwingkreisen, die einen entsprechend langsamen Impulsanstieg zur Folge hat. Das Flüssigkeitsreservoir ist druckstoßfest, um der mittelbaren Beanspruchung der Stoffe (Pulverisieren) durch die im Wasser mittels Elektroimpulsen erzeugte Schockwelle standzuhalten. Bei der Vorrichtung sind auch flächige Elektroden beschrieben, um die Wirkung der Schockwelle zu maximieren. Diese ragen jedoch in den Prozessraum hinein oder sind in einem sich verjüngenden Rohrstück flächig verbaut. Der Flüssigkeitsstrom wird behindert und die Elektroden erfahren mithin einen erhöhten Verschleiß. Der Reaktor wird von einer Flüssigkeit durchströmt, um die Zerkleinerungsprodukte vollständig nach oben oder nach unten auszutragen.

[0004] Ein weiteres Verfahren zur Zerkleinerung von Feststoffen durch Elektroimpulse ist die elektrodynamische Zerkleinerung.

[0005] Durch die Druckschrift DE 10 2014 008 989 A1 ist eine Einrichtung und ein Verfahren zur kontinuierlichen Zerkleinerung von Feststoffen mittels Elektroimpulsen bekannt. Diese weist mindestens einen Reaktionsraum auf, dem die Feststoffe mittels eines Transportmittels zugeführt werden, wobei sich der Reaktionsraum in einem Reaktionsgefäß befindet. Dieses besitzt mindestens einen Elektrodensatz aus mindestens zwei in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordneten Elektroden, die im Reaktionsraum einen Elektrodenzwischenraum ausbilden. Dabei ist zumindest eine zentrale Elektrode und diese umgebende Elektroden vorhanden. Eine Einrichtung zur Erzeugung von Elektroimpulsen liefert die Elektroimpulse an die Elektroden des

Elektrodensatzes, wobei die Feststoffe solange am Elektrodensatz gedrückt anliegen, bis die dort anliegenden Feststoffe mittels der Elektroimpulse derart zerkleinert sind, dass die zerkleinerten Feststoffe in ihren Abmaßen kleiner als der Abstand zwischen den sich gegenüberliegenden Elektroden sind. Die zerkleinerten Feststoffe passieren den Elektrodenzwischenraum gemeinsam mit dem strömenden Transportmittel. Eine kontinuierliche Zerkleinerung ist im Wesentlichen nur bei annähernd gleich großen Feststoffen gegeben. Keine oder nicht ausreichende Zerkleinerung kann zum Stau der Feststoffe führen.

[0006] Die Druckschrift WO 2012 129 713 A betrifft eine Elektrodenanordnung für eine elektrodynamische Fragmentierungsanlage mit einer Durchtrittsöffnung oder einem Durchtrittskanal für Fragmentiergut und mit einem oder mehreren Elektrodenpaaren. Durch Beaufschlagen des Fragmentierguts mit Hochspannungsentladungen innerhalb der Durchtrittsöffnung oder des Durchtrittskanals erzeugt. Dabei ragen stabförmige, spitze oder abgerundete Elektroden von der Randseite eines umgebenden Mantels und gegebenenfalls von einem mittig angeordneten kalottenförmigen Isolationskörpers aus in den Zerkleinerungsraum, um näherungsweise kugelförmiges Zerkleinerungsgut zu erhalten. Dazu ist der Elektrodenabstand kleiner als die maximale Partikelgröße, die die Durchtrittsöffnung oder den Durchtrittskanal passieren kann.

[0007] Die Druckschrift JP 11-33 430 A offenbart ein Zerkleinerungsverfahren und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Dazu sind schräg zueinander geneigte Elektrodenplatten vorhanden, zwischen denen durch Spannungsimpulse Hochspannungsentladungen erfolgen. Die Elektrodenplatten bilden einen sich verjüngenden Spalt. Die Partikel müssen zum Durchtritt durch den sich verjüngenden Spalt kleiner als der Abstand zwischen den Elektrodenplatten an der jeweiligen Stelle sein. Es wird eine Lösung bestehend aus Zerkleinerungs- und Klassierfunktion beschrieben. Das Material muss somit zwangsläufig zerkleinert werden, um die Einrichtung zu passieren.

[0008] Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Partikel wenigstens so zu beanspruchen, dass diese zur nachfolgenden mechanischen Zerkleinerung bereits in gröberen Fraktionen besser oder komplett aufgeschlossen vorliegen.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen gelöst.

[0010] Die Einrichtungen zur Beanspruchung von Partikeln mittels Elektroimpulsen mit einer Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln, wenigstens einem vertikal angeordneten Rohrstück mit einem Reaktionsraum zur Beanspruchung von Partikeln und einer Vorrichtung zum Austrag von Partikeln zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass diese zur nachfolgenden Zerkleinerung bereits in gröberen Fraktionen besser oder komplett aufgeschlossen vorliegen.

[0011] Dazu ist das Rohrstück und damit der Reaktionsraum ein Strömungskanal eines fließfähigen Mediums. Weiterhin ist eine das Medium fördernde Einrichtung mit dem Rohrstück so verbunden, dass das Medium entgegen der Bewegungsrichtung dem Rohrstück zugeführt und durch das Rohrstück sinkender Partikel strömt. Das Rohrstück weist wenigstens zwei beabstandet voneinander angeordnete und mit mindestens einem Marx-Generator als Impulsspannungsgenerator verbundene Elektroden auf, wobei die Impulsanstiegszeit des Marx-Generators kleiner 500 ns ist. Darüber hinaus enden die Elektroden mit oder vor der inneren Oberfläche des Rohrstücks, so dass die Elektroden nicht in das Rohrstück hineinragen und die Strömung des Mediums im Rohrstück nicht behindern.

[0012] Die das Rohrstück passierenden Partikel werden mittels der Elektroimpulse elektrodynamisch beansprucht, das auch die elektrodynamische Zerkleinerung von Partikeln einschließt. Dabei wird der sogenannte Marx-Generator verwendet, der ein Stoß-Spannungsgenerator ist. Mit diesem werden Impulse mit einer Impulsanstiegszeit kleiner 500 ns erzeugt. Bei diesen kurzen Anstiegszeiten erfolgt die Entladung zwischen den beabstandet zueinander angeordneten Elektroden vorzugsweise direkt durch den Partikel oder mehrere Partikel gleichzeitig. Der dabei entstehende Plasmakanal führt zu einer unmittelbaren Beanspruchung des Partikels. Der Plasmakanal innerhalb des Partikels ist von hohen Drücken und Temperaturen begleitet, welche die Bindungen entlang des Entladungskanals schwächen oder komplett lösen und innerhalb des Partikels abgebaut werden. Dies bewirkt eine Reduzierung der Festigkeit des Partikels und unterstützt so auch eine selektive Zerlegung in unterschiedliche Bestandteile. Der unmittelbare Energieeintrag in den zu beanspruchenden Partikel ist energieeffizient und benötigt vorteilhafterweise kein druckstoßfestes Rohrstück als Reaktionsraum zur Beanspruchung von Partikeln. Das Rohrstück kann einen über seine Länge konstanten Querschnitt aufweisen, so dass auch dadurch keine Beeinflussung der Strömung des Mediums erfolgt. Die Partikel können kontrolliert und größenselektiv ausgelesen werden. Ein kontinuierlicher Betrieb ist leicht zu realisieren.

[0013] Die Spannung des Marx-Generators kann beispielsweise 400 kV bis 600 kV betragen. Die Frequenz kann gleich/größer 25 Hz sein. Der Energiebereich kann größer/gleich 7 J bis gleich/kleiner 700 J sein.

[0014] Die Einrichtung zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass keine beweglichen Fördereinrichtungen im Reaktionsraum erforderlich sind. Weiterhin können die Partikel den Prozessraum auch ohne Beanspruchung und damit einhergehender Schädigung oder Zerkleinerung passieren. Die Verweildauer der Partikel im Reaktionsraum ist vorteilhafterweise in Abhängigkeit des Materials, des Durchsatzes und/oder der Größe mittels der das Medium fördernde Einrichtung einstellbar, wobei das Medium entgegen der Bewegungsrichtung dem Rohrstück zugeführt und durch das Rohrstück fallender

Partikel strömt. Ungewollt entstandene Feinpartikel und Feinstpartikel können kontinuierlich aus dem Reaktionsraum mittels des strömenden Mediums entgegen der Fallrichtung der zu schädigenden Partikel ausgelesen werden.

[0015] Die Elektroden ragen nicht in den Reaktionsraum, so dass ein Kontakt zwischen den zu beanspruchenden Partikeln und den Elektroden und mithin ein Abbrasivverschleiß der Elektroden weitestgehend vermieden wird. Die Elektroden können vorteilhafterweise einzeln angesteuert werden. Jeweilige Elektrodenpaare können gleichzeitig oder sequentiell angesteuert werden, wobei Elektrodenpaare nebeneinander und/oder untereinander angeordnet sein können.

[0016] Die Partikel auch als Mineralkörner liegen damit vorteilhafterweise zur nachfolgenden Zerkleinerung bereits in größeren Fraktionen besser oder komplett aufgeschlossen vor, so dass hierfür auch ein geringerer Energieaufwand erforderlich sein kann. Damit lassen sich beispielsweise die metallhaltigen Minerale bei Erzen besser ausbringen, vollständiger und in höheren Konzentrationen anreichern. Dadurch können auch Lagerstättenbereiche mit geringeren Erzgehalten noch wirtschaftlich genutzt, die gebotene Vollständigkeit der Lagerstättennutzung erhöht und die Nachhaltigkeit der Rohstoffaufbereitung verbessert werden.

[0017] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 11 angegeben.

[0018] Die Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln ist optional so angeordnet, dass die zu beanspruchenden Partikel von oben nach unten durch das Rohrstück sinken. Damit können die Partikel auch kontinuierlich zugeführt werden, so dass eine kontinuierliche Beanspruchung von Partikeln mit Elektroimpulsen im Rohrstück realisierbar ist.

[0019] Mehrere Elektroden sind in einer Ausführungsform um den Innenumfang des Rohrstücks verteilt und beabstandet zueinander angeordnet. Weiterhin sind die Elektroden mit Impulsspannungsgeneratoren verbunden.

[0020] Jeweils zwei Elektroden sind optional in mindestens zwei voneinander beabstandet zueinander angeordneten Ebenen des Rohrstücks angeordnet, wobei diese Elektroden mit dem Marx-Generator oder mit Marx-Generatoren verbunden sind. Die Beanspruchung der Partikel kann so in mehreren Ebenen während des Sinkens der Partikel erfolgen.

[0021] Elektroden sind in einer Ausbildung in einer Ebene und/oder in beabstandet zueinander angeordneten Ebenen um den Innenumfang des Rohrstücks verteilt angeordnet. Weiterhin sind die Elektroden mit dem Marx-Generator oder mit Marx-Generatoren verbunden. Die Elektroden können so auch schraubenförmig angeordnet sein.

[0022] Die Elektroden einer Ebene können mit dem Marx-Generator oder mit Marx-Generatoren verbunden sein. Weiterhin ist der Marx-Generator oder sind die Marx-Generatoren mit einer Steuereinrichtung so zu-

sammengeschaltet, dass die zeitgleich an den Elektroden anliegenden Spannungen und/oder Impulse der Ebenen sich voneinander unterscheiden.

[0023] Die Vorrichtung zum Austrag von Partikeln ist optional so angeordnet, dass die durch das Rohrstück sinkenden Partikel von der Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln wegtransportiert werden.

[0024] Die das Medium fördernde Einrichtung ist in einer Ausführungsform mit einer Steuereinrichtung zusammenschaltet, so dass die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums und damit die Geschwindigkeit der durch das Rohrstück sinkenden Partikel beeinflussbar ist.

[0025] Außerhalb des Reaktionsraumes in Richtung der Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln ist optional eine Einrichtung zum Austrag von Fein- und/oder Feinstpartikeln angeordnet. Das kann eine Öffnung in der Wand des Rohrstücks sein, welches mit einer Saugvorrichtung verbunden sein kann.

[0026] Die Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln, das vertikal angeordnete Rohrstück, die das Medium fördernde Einrichtung und Leitungen sind ein das Medium führender Kreislauf.

[0027] Das Medium kann insbesondere ein Gas oder eine Flüssigkeit sein.

[0028] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen jeweils prinzipiell dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 eine Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln mittels Elektroimpulsen und

Fig. 2 ein Rohrstück mit Elektroden und einem Reaktionsraum.

[0030] Eine Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln 9 mittels Elektroimpulsen 11 besteht im Wesentlichen aus einer Vorrichtung 1 zum Zuführen von Partikeln 9, einem vertikal angeordneten Rohrstück 2 mit einem Reaktionsraum, einer Vorrichtung 3 zum Austrag von Partikeln 9, einer Medium 10 fördernden Einrichtung 4, Elektroden 5, einem Marx-Generator 6 und einer Steuereinrichtung 7.

[0031] Die Fig. 1 zeigt eine Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln 9 mittels Elektroimpulsen 11 in einer prinzipiellen Darstellung.

[0032] Die Vorrichtung 1 zum Zuführen von Partikeln 9 ist so angeordnet, dass die Partikel 9 von oben nach unten durch das Rohrstück 2 sinken. Die Vorrichtung 3 zum Austrag von Partikeln 9 befindet sich so, dass die durch das Rohrstück 2 gesunkenen Partikel 9 von der Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln 9 wegtransportiert werden. Die das Medium 10 fördernde Einrichtung 4 ist mit der Steuereinrichtung 7 zusammenschaltet, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums 11 und damit die Geschwindigkeit der durch das Rohrstück 2 sinkenden Partikel 9 beeinflussbar ist. In Richtung der Vorrichtung 1 zum Zuführen von Partikeln 9 kann eine

Einrichtung 8 zum Austrag von Fein- und/oder Feinstpartikeln 9 angeordnet sein.

[0033] Die Fig. 2 zeigt ein Rohrstück 2 mit Elektroden 5 und einem Reaktionsraum in einer prinzipiellen Darstellung.

[0034] Das Rohrstück 2 und damit der Reaktionsraum stellt einen Strömungskanal des fließfähigen Mediums 10 dar. Dazu ist die das Medium 10 fördernde Einrichtung 4 mit dem Rohrstück 2 so verbunden, dass das Medium 10 entgegen der Bewegungsrichtung dem Rohrstück 2 zugeführt und durch das Rohrstück 2 fallender Partikel 9 strömt.

[0035] Das Rohrstück 2 weist die beabstandet voneinander angeordneten und mit dem Marx-Generator 6 verbundene Elektroden 5 auf, wobei die Elektroden 5 mit oder vor der inneren Oberfläche des Rohrstücks 2 enden, so dass die Elektroden 5 nicht in das Rohrstück 2 hineinragen und die Strömung des Mediums 10 im Rohrstück 2 nicht behindern. Elektroden 5 können auch mit mehreren Marx-Generatoren 6 verbunden sein. Damit können auch in ihrer Frequenz und/oder Impulsdauer voneinander unterschiedliche Impulse erzeugt werden. Die Spannung kann beispielsweise 400 kV bis 600 kV betragen. Die Frequenz kann dabei gleich/größer 25 Hz sein. Der Energiebereich kann dabei größer/gleich 7 J bis gleich/kleiner 700 J sein.

[0036] Dazu können mehrere Elektroden 5 um den Innenumfang des Rohrstücks 2 verteilt und beabstandet zueinander angeordnet sein. Dazu kann sich jeweils eine Elektrode 5 in mindestens zwei voneinander beabstandet zueinander angeordneten Ebenen des Rohrstücks 2 befinden. In einer Ausführungsform können dazu Elektroden 5 auch in einer Ebene und/oder in beabstandet zueinander angeordneten Ebenen um den Innenumfang des Rohrstücks 2 verteilt angeordnet sein, so dass die Elektroden 5 in einer Schraubenform angeordnet sind.

[0037] Wenigstens die Vorrichtung 1 zum Zuführen von Partikeln, das vertikal angeordnete Rohrstück 2, die das Medium 10 fördernde Einrichtung 4 und Leitungen können ein das Medium 10 führender Kreislauf sein. In Fortführung kann auch die Vorrichtung 3 zum Austrag von Partikeln 9 in diesen Kreislauf eingebunden sein.

[0038] Das Medium 10 ist ein Gas oder eine Flüssigkeit.

Bezugszeichenliste

[0039]

- 1 Vorrichtung zum Zuführen von Partikeln
- 2 Rohrstück
- 3 Vorrichtung zum Austrag von Partikeln
- 4 Medium fördernde Einrichtung
- 5 Elektrode
- 6 Marx-Generator
- 7 Steuereinrichtung
- 8 Einrichtung zum Austrag von Fein- und/oder Feinstpartikeln

9 Partikel
10 Medium
11 Elektroimpuls

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln (9) mittels Elektroimpulsen (11) mit einer Vorrichtung (1) zum Zuführen von Partikeln (9), wenigstens einem vertikal angeordneten Rohrstück (2) mit einem Reaktionsraum zur Beanspruchung von Partikeln (9) und einer Vorrichtung (3) zum Austrag von Partikeln (9), wobei das Rohrstück (2) und damit der Reaktionsraum ein Strömungskanal eines fließfähigen Mediums (10) ist, dass eine das Medium (10) fördernde Einrichtung (4) mit dem Rohrstück (2) so verbunden ist, dass das Medium (10) entgegen der Bewegungsrichtung des Rohrstück (2) zugeführt und durch das Rohrstück (2) sinkender Partikel (9) strömt, dass das Rohrstück (2) wenigstens zwei beabstandet voneinander angeordnete und mit mindestens einem Marx-Generator (6) verbundene Elektroden (5) aufweist, wobei die Impulsanstiegszeit des Marx-Generators (6) kleiner 500 ns ist, und dass die Elektroden (5) mit oder vor der inneren Oberfläche des Rohrstücks (2) enden, so dass die Elektroden (5) nicht in das Rohrstück (2) hineinragen und die Strömung des Mediums (10) im Rohrstück (2) nicht behindern.
2. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (1) zum Zuführen von Partikeln (9) so angeordnet ist, dass die zu beanspruchenden Partikel (9) von oben nach unten durch das Rohrstück (2) sinken.
3. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Elektroden (5) um den Innenumfang des Rohrstücks (2) verteilt und beabstandet zueinander angeordnet sind und dass die Elektroden (5) mit dem Marx-Generator oder mit Marx-Generatoren (6) verbunden sind.
4. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwei Elektroden (5) in mindestens zwei voneinander beabstandet zueinander angeordneten Ebenen des Rohrstücks (2) angeordnet sind und dass diese Elektroden (5) mit dem Marx-Generator (6) verbunden sind.
5. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Elektroden (5) in einer Ebene und/oder in beabstandet zueinander angeordneten Ebenen um den Innenumfang des Rohrstücks (2) verteilt angeordnet sind und dass die Elektroden (5) mit dem Marx-Generator (6) oder mit Marx-Generatoren (6) verbunden sind.

6. Einrichtung nach den Patentansprüchen 1, 2 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektroden (5) einer Ebene mit dem Marx-Generator (6) oder mit Marx-Generatoren (6) verbunden sind, dass der Marx-Generator (6) oder die Marx-Generatoren (6) mit einer Steuereinrichtung (7) so zusammengeschaltet ist oder sind, dass die zeitgleich an den Elektroden (5) anliegenden Spannungen und/oder Impulse der Ebenen sich voneinander unterscheiden.
7. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (3) zum Austrag von Partikeln (9) so angeordnet ist, dass die durch das Rohrstück (2) gesunkenen Partikel (9) von der Einrichtung zur Beanspruchung von Partikeln (9) wegtransportiert werden.
8. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die das Medium (10) fördernde Einrichtung (4) mit einer Steuereinrichtung (7) zusammengeschaltet ist, so dass die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums (10) und damit die Geschwindigkeit der durch das Rohrstück (2) sinkenden Partikel (9) beeinflussbar ist.
9. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** außerhalb des Reaktionsraumes in Richtung der Vorrichtung (1) zum Zuführen von Partikeln (9) eine Einrichtung (8) zum Austrag von Feinpartikeln und/oder Feinstpartikeln (9) angeordnet ist.
10. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (1) zum Zuführen von Partikeln (9), das vertikal angeordnete Rohrstück (9), die das Medium (10) fördernde Einrichtung (4) und Leitungen ein das Medium (10) führender Kreislauf sind.
11. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium (10) ein Gas oder eine Flüssigkeit ist.

Claims

1. A device for loading particles (9) by means of electrical pulses (11), having an apparatus (1) for supplying particles (9), at least one vertically arranged pipe section (2) with a reaction chamber for loading particles (9) and an apparatus (3) for removing particles (9), wherein the pipe section (2) and thus the reaction chamber is a flow channel of a fluid medium (10), wherein a device (4) conveying the medium (10) is connected to the pipe section (2) such that the medium (10) flows counter to the movement direction of particles (9) supplied to the pipe section (2) and

sinking through the pipe section (2), wherein the pipe section (2) has at least two electrodes (5), which are arranged spaced from one another and connected to at least one Marx generator (6), wherein the pulse rise time of the Marx generator (6) is less than 500 ns, and wherein the electrodes (5) end with or before the inner surface of the pipe section (2), so that the electrodes (5) do not project into the pipe section (2) and do not impede the flow of the medium (10) in the pipe section (2).

2. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the apparatus (1) for supplying particles (9) is arranged such that the particles (9) to be loaded sink from above downwards through the pipe section (2).
3. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** a plurality of electrodes (5) are arranged distributed around the inner circumference of the pipe section (2) and spaced from one another and **in that** the electrodes (5) are connected to the Marx generator or to Marx generators (6).
4. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** in each case two electrodes (5) are arranged in at least two planes of the pipe section (2), which planes are spaced from one another, and **in that** these electrodes (5) are connected to the Marx generator (6).
5. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** electrodes (5) are arranged in a distributed manner around the inner circumference of the pipe section (2) in one plane and/or in planes that are arranged spaced from one another and **in that** the electrodes (5) are connected to the Marx generator (6) or to Marx generators (6).
6. The device according to Patent Claims 1, 2 and 5, **characterized in that** the electrodes (5) of a plane are connected to the Marx generator (6) or to Marx generators (6), **in that** the Marx generator (6) or the Marx generators (6) is or are connected to a control device (7) in such a manner that the voltages simultaneously applied at the electrodes (5) and/or pulses of the planes differ from one another.
7. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the apparatus (3) for removing particles (9) is arranged such that the particles (9) sunk through the pipe section (2) are transported away from the device for loading particles (9).
8. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the device (4) conveying the medium (10) is connected to a control device (7), so that the flow rate of the medium (10) and therefore the speed

of the particles (9) sinking through the pipe section (2) can be influenced.

9. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** a device (8) for removing fine and/or very fine particles (9) is arranged outside of the reaction chamber in the direction of the apparatus (1) for supplying particles (9).
10. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the apparatus (1) for supplying particles (9), the vertically arranged pipe section (9), the device (4) conveying the medium (10) and lines are a circuit conveying the medium (10).
11. The device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the medium (10) is a gas or a liquid.

Revendications

1. Agencement de sollicitation de particules (9) au moyen d'impulsions électriques (11) avec un dispositif (1) destiné à acheminer des particules (9), au moins une pièce tubulaire (2) disposée verticalement avec un compartiment de réaction pour solliciter des particules (9) et un dispositif (3) pour extraire des particules (9), sachant que la pièce tubulaire (2) et de ce fait le compartiment de réaction est un canal d'écoulement d'un milieu fluide (10), qu'un agencement (4) transportant le milieu (10) est relié à la pièce tubulaire (2) de telle sorte que le milieu (10) s'écoule contrairement à la direction de déplacement des particules (9) acheminées à la pièce tubulaire (2) et tombant à travers la pièce tubulaire (2), que la pièce tubulaire (2) comporte au moins deux électrodes (5) disposées à distance l'une de l'autre et reliées à au moins un générateur de Marx (6), sachant que le temps de montée d'impulsion du générateur de Marx (6) est inférieur à 500 ns et que les électrodes (5) se terminent avec ou avant la surface intérieure de la pièce tubulaire (2) de telle manière que les électrodes (5) ne dépassent pas dans la pièce tubulaire (2) et n'empêchent pas l'écoulement du milieu (10) dans la pièce tubulaire (2).
2. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif (1) d'acheminement des particules (9) est disposé de telle manière que les particules à solliciter (9) tombent du haut vers le bas à travers la pièce tubulaire (2).
3. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** plusieurs électrodes (5) sont disposées réparties autour de la périphérie intérieure de la pièce tubulaire (2) à distance les unes des autres et **en ce que** les électrodes (5) sont reliées au générateur de Marx ou aux générateurs de Marx (6).

4. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** deux électrodes (5) sont respectivement disposées dans au moins deux plans de la pièce tubulaire (2) disposés à distance l'un de l'autre et **en ce que** ces électrodes (5) sont reliées au générateur de Marx (6). 5

5. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les électrodes (5) sont disposées dans un plan et/ou dans des plans disposés à distance l'un de l'autre, réparties autour de la périphérie intérieure de la pièce tubulaire (2) et **en ce que** les électrodes (5) sont reliées au générateur de Marx (6) ou aux générateurs de Marx (6). 10
15

6. Agencement selon les revendications 1, 2 et 5, **caractérisé en ce que** les électrodes (5) d'un plan sont reliées au générateur de Marx (6) ou à des générateurs de Marx (6), **en ce que** le générateur de Marx (6) ou les générateurs de Marx (6) est ou sont interconnecté(s) à un système de commande (7) de telle manière que les tensions et/ou impulsions des plans s'appliquant simultanément aux électrodes (5) diffèrent les unes des autres. 20
25

7. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif (3) pour l'extraction des particules (9) est disposé de telle sorte que les particules (9) tombées à travers la pièce tubulaire (2) sont transportées à distance de l'agencement de sollicitation des particules (9). 30

8. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'agencement (4) transportant le milieu (10) est interconnecté à un système de commande (7) de telle manière que la vitesse d'écoulement du milieu (10) et de ce fait la vitesse des particules (9) tombant à travers la pièce tubulaire (2) peuvent être influencées. 35
40

9. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** agencement (8) pour l'extraction des particules fines et/ou des particules les plus fines (9) est disposé en dehors du compartiment de réaction en direction du dispositif (1) d'acheminement des particules (9). 45

10. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif (1) d'acheminement de particules (9), la pièce tubulaire (9) disposée verticalement, le système (4) et les conduits transportant le milieu (10) constituent un circuit guidant le milieu (10). 50

11. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le milieu (10) est un gaz ou un liquide. 55

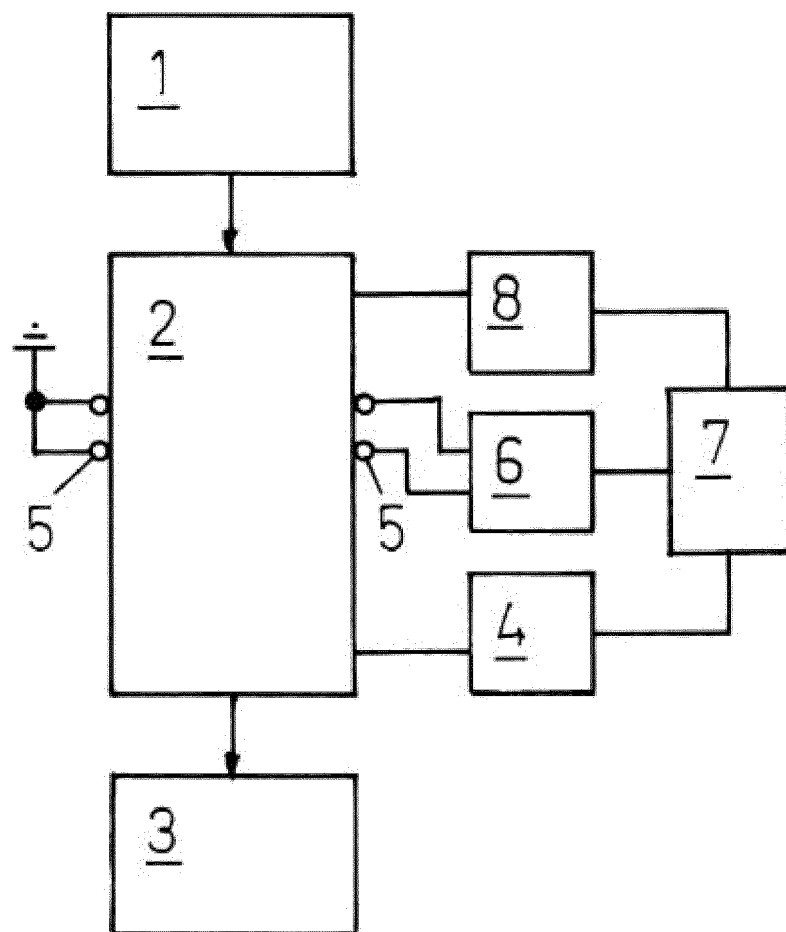


Fig. 1

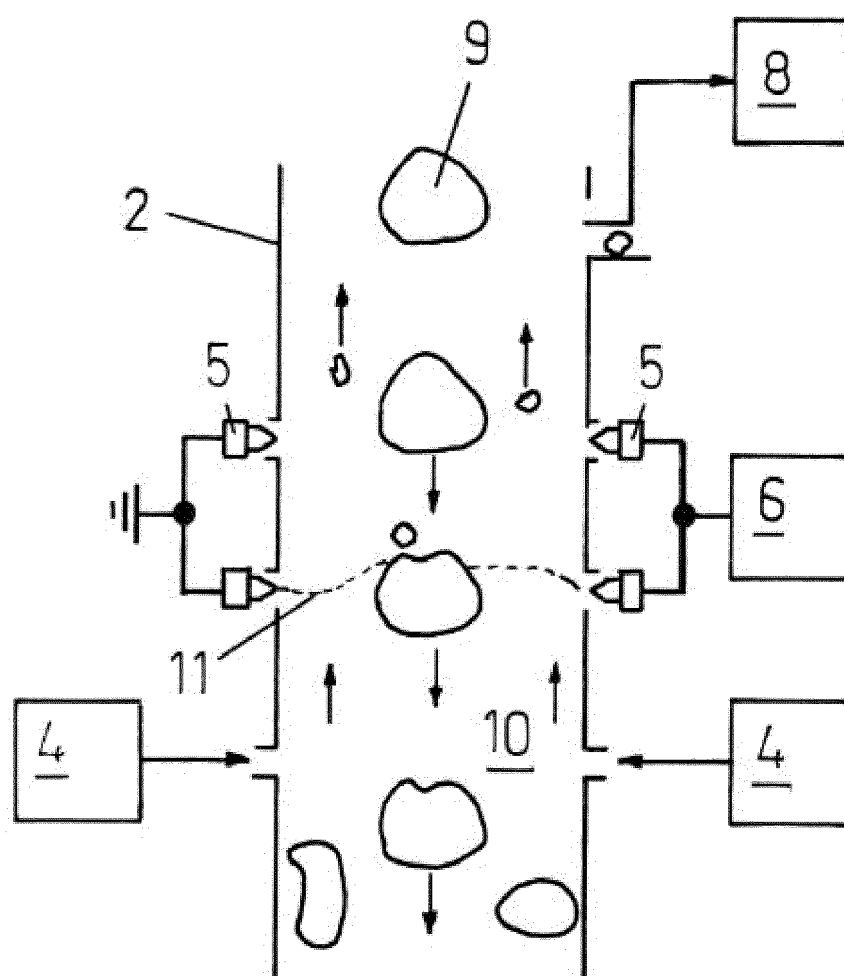


Fig. 2

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

- FR 1341851 A [0003]
- US 3207447 A [0003]
- DE 102014008989 A1 [0005]
- WO 2012129713 A [0006]
- JP 11033430 A [0007]