



(11)

EP 0 911 804 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.05.2007 Patentblatt 2007/19

(51) Int Cl.:
G10K 15/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **98120079.3**

(22) Anmeldetag: **23.10.1998**

(54) **Methode zur automatischen Einstellung des Elektrodenabstandes einer Funkenstrecke bei elektrohydraulischen Stosswellensystemen**

Method for the automatic adjustment of the distance between the electrodes of a spark gap in electrohydraulic shock wave generators

Méthode pour l'ajustement automatique de la distance entre les électrodes d'un éclateur dans des dispositifs d'ondes de choc électrohydraulique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI

(30) Priorität: **24.10.1997 DE 19746972**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.04.1999 Patentblatt 1999/17

(73) Patentinhaber: **MTS Europe GmbH**
78467 Konstanz (DE)

(72) Erfinder:
• **Reitmayer, Ralph Dipl. Ing.**
73262 Reichenbach/Fils (DE)

• **Die andere Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet.**

(74) Vertreter: **Müller, Christoph Emanuel et al**
Hepp, Wenger & Ryffel AG,
Friedtalweg 5
9500 Wil (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 349 915 **EP-A- 0 467 770**
DE-A- 3 929 457 **FR-A- 2 656 744**
FR-A- 2 663 531

EP 0 911 804 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Methode zur automatischen Justierung und Regulierung des Elektrodenabstandes einer Funkenstrecke eines elektrohydraulischen Stoßwellenerzeugungssystems.

[0002] Bekannt ist ein Gerät zur berührungsfreien Zerstörung von Konkrementen (z.B. Nierensteinen) im Körper von Lebewesen (DE-PS23 51 247), bei dem zur Erzeugung von Stoßwellen eine elektrische Unterwasserfunkenentladung eingesetzt wird. Die Entladung erfolgt über eine Funkenstrecke, die im Fokus eines Reflektors angebracht ist. (DE-PS 2 635 635, DE-OS 2 418 631, EP O 124 686).

[0003] Eine Methode, um den Abstand von Elektroden spitzen in einem elektrohydraulischen Lithotripter automatisch zu regeln, ist aus der Druckschrift EP 0 349 915 bekannt. Zur Regulierung des Abstandes wird die Zündverzugszeit, also die Zeit vom Beginn des Aufladens bzw. vom Beginn des geladenen Zustands bis zum Zeitpunkt der Entladung eines Hochspannungskondensators gemessen und mit einem Sollwert verglichen. Der Nachteil der Methode besteht darin, dass die Zündverzugszeit nur einen ungenügenden Hinweis darauf gibt, wie vollständig die elektrische Energie in akustische Energie umgewandelt wird.

[0004] Zur Regulierung der Stoßwellenenergie wird bei diesen Systemen die Höhe der Ladespannung des Kondensators, der Entladen wird verändert. Durch eine größere oder kleinere Spannung erfolgt eine stärkere oder schwächere Funkenbildung und damit verändert sich der Druck der Stoßwelle und die Größe des therapeutisch wirksamen Fokus und damit letztlich die applizierte Stoßwellenenergie. Bei diesen Systemen kann die Spannung nicht beliebig erhöht und anschließend wieder reduziert werden, ohne daß ein Austausch der Funkenstrecke erforderlich wäre. Denn für den Entladungsvorgang ist der Abstand der Elektroden von entscheidender Bedeutung. Je größer der Elektrodenabstand, desto größer ist die erforderliche Mindestspannung zur Auslösung einer Funkenentladung. Da diese Systeme Funkenstrecken mit fest eingestelltem Elektrodenabstand verwenden und da der Elektrodenabstand sich durch den bekannten Abbrand der Elektroden während des Einsatzes vergrößert, ist die Funkenstrecke mit zunehmendem Gebrauch nur noch bei größerer Spannung funktionsfähig, so daß Stoßwellen mit geringer Gesamtenergie oder niedrigen Drücken erst nach dem Austausch der Funkenstrecke wieder möglich werden. Die Lebensdauer der Funkenstrecken ist deswegen gering. Wird dagegen eine weniger abgenutzte Funkenstrecke, d.h. mit einem geringeren Elektrodenabstand, für eine höhere Spannung verwendet, bleibt ein Großteil der gespeicherten Primärenergie ungenutzt. Ein Teil der Energie bewirkt den Durchschlag der Umgebung und transformiert zur akustischen Energie, der Rest transformiert zur Wärmeenergie und nimmt an der Bildung der Stoßwelle nicht teil.

[0005] Bekannt sind weiterhin Funkenstrecken, die

durch die Möglichkeit der Nachführung der Elektroden den Abbrand wieder kompensieren und den oben beschriebenen Mangel ausgleichen. (EP O 349 915, EP C 242 237) Diese Funkenstrecken haben jedoch den Nachteil, daß sie manuell nachgestellt werden müssen, oder nur in eine Richtung nachgestellt werden können (EP C 242 237).

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Methode zur automatischen Anpassung des Elektrodenabstandes an die gewählte Spannung zu schaffen und hierdurch im therapeutischen Einsatz über die gesamte Lebensdauer einer Funkenstrecke beliebig häufige Entladungen mit hoher oder niedriger Spannung durchzuführen zu können. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0007] Das Prinzip der Erfindung besteht darin, daß direkt die geregelte Größe, d.h. der Spannungswert und Spannungsverlauf zur Auslösung des Funkens gemessen wird und aufgrund der ermittelten Abweichung von ihrer Soll-Größe werden die Funkenstreckenelektroden auf einen solchen Wert eingestellt, der die Nutzung der gespeicherten Energie bei deren Umwandlung zur Stoßwelle optimal zu gestalten erlaubt.

[0008] Bei korrekter Justierung des Elektrodenabstandes der Funkenstrecke weist das gemessene Signal der Entladekurve einen typischen Verlauf auf. Ist der Abstand der Elektroden spitzen zu groß, kommt es zu keiner vollständigen Entladung über die Funkenstrecke und das gemessene Signal weicht vom typischen Verlauf ab. Ist der Abstand der Elektroden spitzen zu klein, weicht das gemessene Signal wiederum vom typischen Verlauf ab, da der Funkenschlag durch den kleinen Abstand erleichtert wird. Ziel der Erfindung ist es, den Elektrodenabstand so zu justieren, daß das gemessene Signal der Entladekurve dem typischen Verlauf einer optimalen Entladung entspricht. Gemäß der Erfindung wird dies dadurch erreicht, daß das Signal der gemessenen Entladekurve mit den Soll-Werten der Entladekurve verglichen wird und entsprechend der ermittelten Abweichung der Abstand der Funkenstreckenelektroden automatisch korrigiert wird.

[0009] Die Methode setzt voraus, daß die Entladung des Hochspannungskondensators nicht wie üblich unmittelbar über eine Funkenstrecke erfolgt, sondern über einen weiteren Kondensator, der sich wiederum mittels Selbstentladung bei maximaler Ladung über die Funkenstrecke entlädt. Gemäß **Fig. 3** wird die Spannung auf C2 durch zwei Vorgänge bestimmt. C2 wird zum einen durch C1 über L1 aufgeladen, zugleich wird jedoch C2 durch die Ableitung über die Funkenstrecke entladen. Gemäß der Erfindung wird der Abstand der Elektroden spitzen der Unterwasserfunkenstrecke in Abhängigkeit von der Spannung auf C2 und dem Zustand der Elektroden automatisch justiert. Dies führt bei korrekter Justierung zu einer Selbstentladung des Hochspannungskondensators C2 bei maximaler Ladung über die parallel geschaltete Unterwasserfunkenstrecke. Ist der Abstand der Elektroden spitzen zu klein, kommt es zu einer Entladung

über die Unterwasserfunkenstrecke, bevor der Hochspannungskondensator C2 seine vorgewählte Ladung erreicht hat. Ist der Abstand der Elektroden spitzen zu groß, kommt es nur zu einer Teilentladung über die Unterwasserfunkenstrecke, nachdem der Hochspannungskondensator seine maximale Ladung überschritten hat und wegen eines Leckstromes über den Widerstand des Wassers einen Teil der Ladung wieder verloren hat, bzw. es kommt zu keiner Entladung. In beiden Fällen wird die gespeicherte Energie nur unvollkommen genutzt. Ziel der Erfindung ist es, unabhängig von der gewählten Ladespannung die Entladung des Hochspannungskondensators bei maximaler Ladung zu erreichen. Dies wird dadurch erreicht, daß der Spannungsverlauf der Ladekurve des Kondensators C2 gemessen und mit der Soll-Ladekurve verglichen wird und entsprechend der ermittelten Abweichung der Abstand der Funkenstreckenelektroden automatisch korrigiert wird, so daß die Entladung über die Funkenstrecke bei maximaler Ladung des Hochspannungskondensators erfolgt. Die Abweichung von der Soll-Ladekurve wird über einen Auswertungskreis ermittelt. Nach der Auswertung signalisiert der Auswertungskreis an das Stellglied die Vornahme einer Korrektur.

[0010] Eine mögliche Methode zur Ermittlung der Abweichung der Entladekurve von der Soll-Entladekurve wird über einen Auswertungskreis dargestellt, die Gegenstand des Unteranspruches ist. Gemäß **Fig. 3** bedeutet bei zugelassener Tolleranz der Entladungsspannung U_{max} die höchste und somit die gewünschte Entladungsspannung, und U_{min} die kleinste zugelassene Spannung unter Berücksichtigung des Aufladungszustandes des Kondensators sowie des Entladungszustandes durch die Ableitung zwischen den Elektroden. Erfolgt die Entladung bei $U < U_{min}$, unterscheidet der Auswertungskreis, ob es sich dabei um eine unzureichende Aufladung oder einen Spannungsrückgang durch Ableitung handelt. Nach der Auswertung signalisiert der Auswertungskreis an das Stellglied die Vornahme einer Korrektur. Dies wird dadurch erreicht, daß zum transformierten Signal der Ladespannung des Hochspannungskondensators 50% der negativen Referenzspannung addiert wird. (Siehe **Fig 1a**). Durch Integration dieser halbsinusförmigen Kurve und anschließender Invertierung erhält man ein Ausgangssignal, dessen steil abfallende Flanke mit einem oberen und einem unteren Referenzwert verglichen wird, siehe **Fig 1b**). Diese Referenzwerte liegen nahe dem Nulldurchgang des Ausgangssignals. Findet die Entladung des Hochspannungskondensators nahe dem Maximum der Ladekurve statt, liegt das Ausgangssignal zwischen dem oberen und dem unteren Referenzwert, siehe **Fig 1c**). Kommt es zur Entladung, bevor die maximale Ladung des Hochspannungskondensators erreicht wurde und liegt das Ausgangssignal über dem oberen Referenzwert, so wird dies statistisch erfaßt. Der Elektrodenabstand muß bei mehrmals wiederholtem Auftreten vergrößert werden. Kommt es zur Entladung, nachdem die maximale Ladung des Hochspannungs-

kondensators erreicht wurde bzw. kommt es zu keiner Entladung und liegt das Ausgangssignal unter dem unteren Referenzwert, so wird dies statistisch erfaßt. Der Elektrodenabstand muß bei mehrmals wiederholtem Auftreten verkleinert werden.

[0011] Eine weitere Ausgestaltung der Ansprüche 1 und 2 besteht darin, daß die Auswertung der Entlade- oder Ladekurve eines Hochspannungskondensators mit der statistischen Erfassung der Anzahl und der Spannung der einzelnen Impulse kombiniert wird. Der Verschleiß einer Elektrode wird dann statistisch über die Anzahl und die Spannung der abgegebenen Impulse ermittelt. Das Ergebnis der statistischen Auswertung führt zur automatischen Korrektur der Elektrode.

[0012] Die Anordnung für die Ausführung der besagten Methode besteht aus einem Halbellipsoid (1), einer Unterwasserfunkenstrecke (2), einem Motor (3) mit Getriebe (4), der elektronischen Auswertungseinheit (5) und dem Hochspannungskondensator (12), der mit dem inneren Leiter (6) und dem äußeren Leiter (9) verbunden ist. **Fig 2** zeigt den Aufbau der Erfindung. Die Unterwasserfunkenstrecke (2), welche aus einem inneren beweglichen Leiter (6) mit Elektroden spitze (7), einem Isolator (8) und einem äußeren Leiter (9) mit Käfig (10) und feststehender Elektroden spitze (11) besteht, läßt sich in das Halbellipsoid einstecken. Der bewegliche Innenleiter ist über ein Getriebe mit dem Motor verbunden, welcher durch Regelelektronik gesteuert wird. Erfindungsgemäß wird bei zu kleinem oder zu großem Abstand der Elektroden spitzen der Innenleiter vor oder zurück bewegt.

[0013] Der Vorteil dieser Methode liegt in der Möglichkeit, die Stoßwellenenergie bei schon gebrauchten Elektroden im Verlauf einer Behandlung beliebig über die gesamte Lebensdauer verändern zu können, ohne daß die Funkenstrecke ausgetauscht oder manuell nachgestellt werden muß. Sie verlängert die Lebensdauer der Funkenstrecke und optimiert den Einsatz eines elektrohydraulischen Stoßwellengerätes bei Anwendungen (z.B. in der Orthopädie), bei denen teils mit sehr hohen und teils mit sehr niedrigen Stoßwellenenergien und Drücken therapiert wird. Weiterhin erlaubt die Erfindung die permanente Abgabe von Stoßwellen mit gleichbleibender Stoßwellenenergie. Schließlich führt die Erfindung zur optimalen Ausnutzung der Primärenergie, wodurch der Wirkungsgrad gesteigert wird.

Patentansprüche

1. Methode zur Anpassung des Abstandes einer Funkenstrecke zwischen zwei Elektroden einer Vorrichtung zur Erzeugung von Stoßwellen, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - (i) die Entladekurve der Funkenstrecke ermittelt wird oder
 - die Lade- /Entladekurve eines Kondensators, der sich mittels Selbstentladung über die Fun-

kenstrecke entlädt, gemessen wird,
 (ii) mit Sollwerten eines typischen Verlaufs einer Lade/Entladekurve einer optimalen Entladung verglichen wird und
 (iii) entsprechend der ermittelten Abweichung der Abstand der Funkenstreckenelektroden automatisch korrigiert wird.

2. Methode nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zu einem transformierten Signal des gemessenen Spannungsverlaufs der Entladespannung 50% einer negativen Referenzspannung addiert werden und dass durch Integration dieser halb-sinusförmigen Kurve und anschliessender Invertierung ein Ausgangssignal erzeugt wird, dessen steil abfallende Flanke mit Referenzwerten verglichen und bei entsprechendem Unter- bzw. Überschreiten der Referenzwerte der Elektrodenabstand angepasst wird.
3. Methode nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl und die Spannung der Impulse statistisch ermittelt werden, aus diesen Werten ein Einstellfaktor berechnet wird, der wiederum zu automatischen Korrektur des Elektrodenabstandes über einen elektromechanischen oder hydraulischen Antrieb führt.

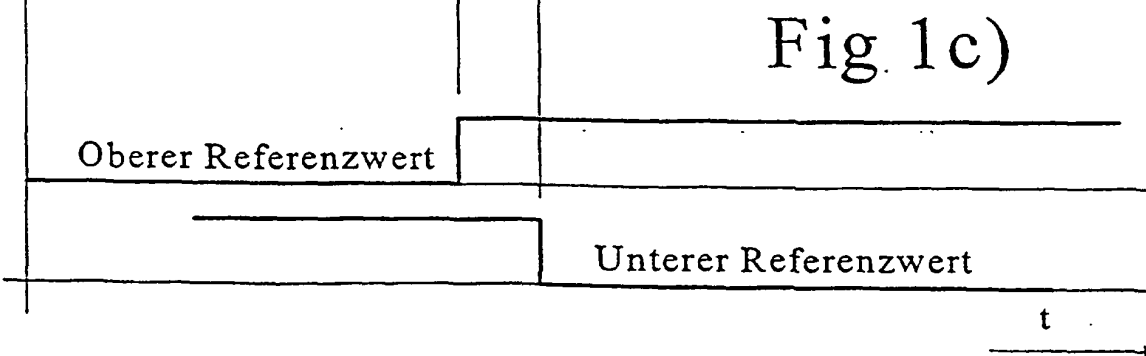
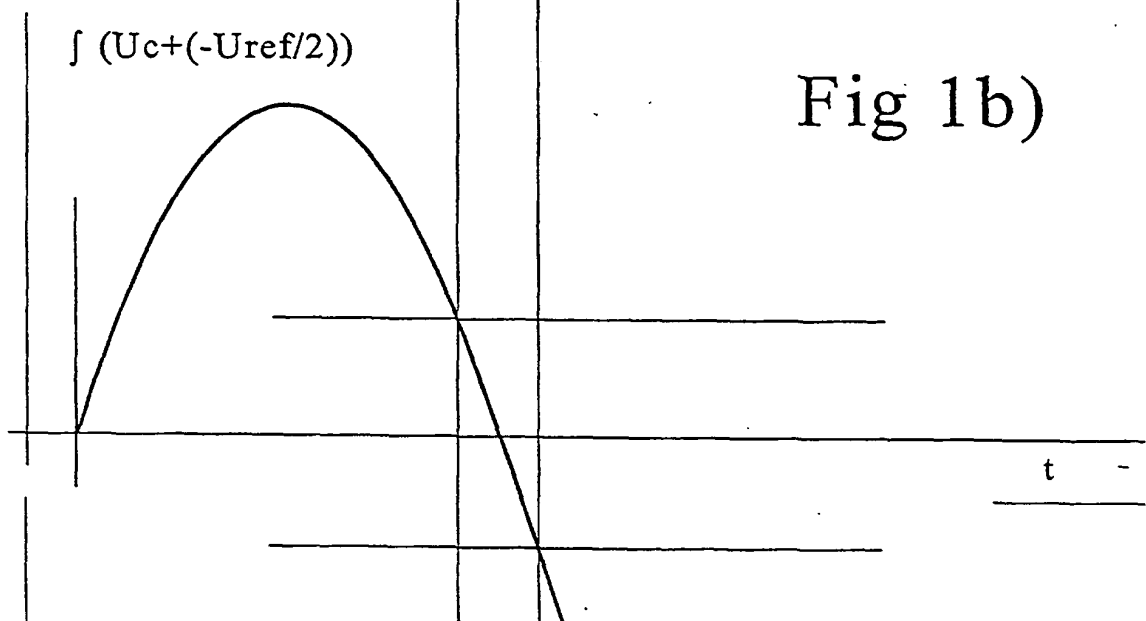
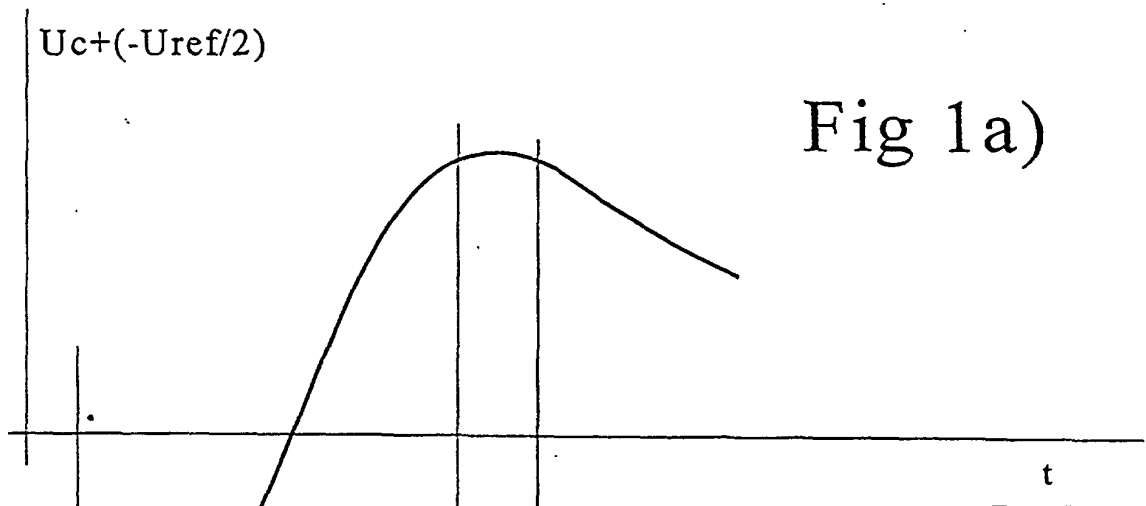
Claims

1. Method for the adjustment of a spark gap between two electrodes of a device for the generation of shockwaves,
characterized in that
 - (i) the discharge curve of the spark gap is determined, or the charge / discharge curve of a capacitor, which is discharged by self-discharge through the spark gap, is measured,
 - (ii) the charge / discharge curve is compared with desired values of a typical progress of a charge/discharge curve of an optimal discharge,
 - (iii) the separation of the spark gap electrodes is automatically corrected according to the determined deviation.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** 50% of a negative reference voltage is added to a transformed signal of the measured voltage curve and that by integration of this half-sine curve and subsequent inversion an output signal is generated, having a steep training edge that is compared to reference values and, in case of falling short or exceeding the reference values, the electrode gap is adjusted.
3. Method according to claim 2, **characterized in that**

the number and the voltage of pulses are determined statistically, that the adjustment factor is calculated from these values, which in turn leads to the automatic correction of the electrode gap by means of an electromechanical or hydraulic drive.

Revendications

1. Méthode d'adaptation de la distance d'un éclateur entre deux électrodes d'un dispositif de génération d'ondes de choc,
caractérisée en ce que
 - (i) la courbe de décharge de l'éclateur est déterminée ou la courbe de charge/décharge d'un condensateur qui se décharge par autodécharge par l'intermédiaire de l'éclateur est mesurée
 - (ii) il est fait une comparaison avec des valeurs prescrites d'un profil typique d'une courbe de charge/décharge d'une décharge optimale et
 - (iii) conformément à l'écart constaté, la distance des électrodes de l'éclateur est corrigée automatiquement.
2. Méthode selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** 50% d'une tension de référence négative sont additionnés au signal transformé du profil de tension mesuré de la tension de décharge et que par l'intégration de cette courbe semi-sinusoïdale et d'une inversion par la suite est généré un signal de sortie dont le flanc tombant abruptement est comparé avec les valeurs de référence et en cas de dépassement ou de sous-dépassement des valeurs de référence, la distance des électrodes est adaptée.
3. Méthode selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** le nombre et la tension des impulsions sont déterminés statistiquement, à partir de ces valeurs, il est calculé un facteur de réglage qui, à son tour, est mené à la correction automatique de la distance des électrodes par l'intermédiaire d'un entraînement électromécanique ou hydraulique.



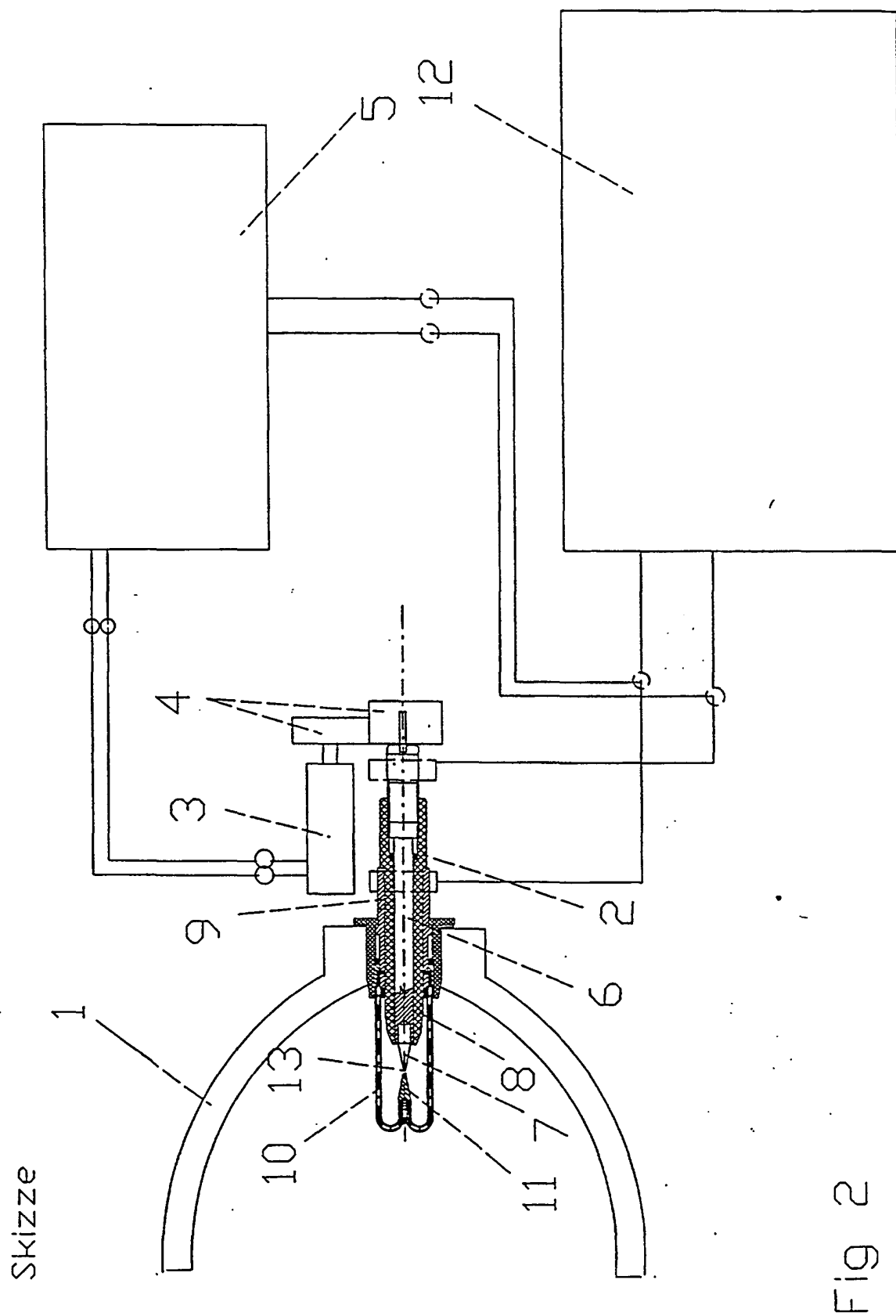


Fig. 3

