

(19)



(11)

EP 1 924 388 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.2009 Patentblatt 2009/02

(51) Int Cl.:
B23K 10/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06774755.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2006/000356

(22) Anmeldetag: **30.08.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/028179 (15.03.2007 Gazette 2007/11)

(54) **WASSERDAMPF-SCHNEIDVERFAHREN UND BRENNER HIERZU**

STEAM CUTTING METHOD AND TORCH FOR IT

PROCEDE DE COUPE A VAPEUR ET BRULEUR UTILISE POUR CELUI-CI

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **09.09.2005 AT 14802005**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.05.2008 Patentblatt 2008/22

(73) Patentinhaber: **Fronius International GmbH 4643 Pettenbach (AT)**

(72) Erfinder:
• **EDER, Alexander A-4732 St. Thomas bei Waizenkirchen (AT)**

- **PAUSER, Heribert A-3484 Grafenwörth (AT)**
- **SILBERMAYR, Florian A-4653 Eberstalzell (AT)**
- **SPEIGNER, Alexander A-4600 Wels (AT)**

(74) Vertreter: **Sonn & Partner Patentanwälte Riemergasse 14 1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-20/06100701 US-A- 3 567 898
US-A- 3 830 428 US-A- 4 317 984

EP 1 924 388 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 ein Verfahren zum Umwandeln einer Flüssigkeit in einen gasförmigen Zustand für einen Schneidprozess mit einem Wasserdampfplasma-Schneidgerät, sowie einen Wasserdampfplasma-Brenner hierzu, wie sie in den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 16 beschrieben sind.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zum Umwandeln einer Flüssigkeit in einen gasförmigen Zustand für einen Schneidprozess mit einem Wasserdampfplasma-Schneidgerät bekannt, bei welchen das Verdampfen der Flüssigkeit durch die Erwärmung einer Düse, welche die durch einen Lichtbogen produzierte Wärme zu einem Verdampfer im Brenner rückleitet, wodurch die Flüssigkeit zu einem Gas verdampft.

[0003] Nachteilig ist hierbei, dass das Verdampfen der Flüssigkeit ohne zusätzliches Heizelement erfolgt, wodurch keine aktive Regelung der Temperatur durchgeführt wird. Ebenso ist der Druck der verdampften Flüssigkeit von der rückgeleiteten Temperatur abhängig, wodurch dieser ebenso keiner Regelung unterliegt.

[0004] Weiters ist aus der EP 1 050 200 B1 ein Wasserdampfplasma-Schneidgerät bekannt, bei dem im Brenner ein Heizelement angeordnet ist. Weiters weist der Brenner einen Verdampfer, eine Energieversorgung und einer Zuleitung für eine Flüssigkeit auf, wobei eine entsprechende Temperatur für die Verdampfung der Flüssigkeit erforderlich ist. Hierbei wird jedoch nicht im Detail auf die Regelung der Temperatur im Brenner eingegangen.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche eine aktive Regelung von Druck und Temperatur der verdampften Flüssigkeit ermöglicht.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein oben genanntes Verfahren gelöst, bei dem die Temperatur im Betrieb derart geregelt wird, dass ein Sensor die Temperatur des Verdampfers erfasst und an eine Regelung übermittelt, welche entsprechend das Heizelement mit der nötigen Energie versorgt und von welcher ein erforderlicher Druck der in den Wasserdampfplasma-Brenner zugeführten Flüssigkeit geregelt wird, sodass für einen Schneidprozess eine annähernd konstante Temperatur der verdampften Flüssigkeit zur Verfügung gestellt wird.

[0007] Weiters wird die Aufgabe der Erfindung auch durch einen oben genannten Wasserdampfplasma-Brenner gelöst, in welchem ein Sensor angeordnet ist, welcher die vom Heizelement erzeugte Wärme erfasst und welcher mit einer Regelung für das Heizelement verbunden ist.

[0008] Vorteilhaft ist hierbei, dass durch die Kombination der Regelung von Temperatur und Druck ein schnelles Ansprechverhalten auf Temperaturänderungen erzielt wird. Dadurch kann rasch auf unterschiedliche Zustände während eines Schneidprozesses, unabhängig von der Anwendung, reagiert werden. Ebenso wird dadurch erreicht, dass der Verschleiß der Verschleißteile

ausgeregelt bzw. kompensiert werden kann, wodurch diese länger eingesetzt werden können. Ebenso kann der Verschleiß entsprechend angezeigt werden.

[0009] Von Vorteil ist auch, dass ein Sensor im Wasserdampfplasma-Brenner integriert ist, wodurch ein rasches Eingreifen der Regelung ermöglicht wird.

[0010] Durch die Maßnahme, dass das Heizelement ständig mit Energie versorgt wird, wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass das Heizelement eine konstante Temperatur im Wasserdampfplasma-Brenner erzeugt und eine Ansprechzeit bei einer Änderung der Energiezufuhr entfällt.

[0011] In vorteilhafter Weise, wird durch das variabel geregelte Heizelement erreicht, dass ein Heizelement mit geringer Leistung eingesetzt werden kann. Dadurch kann mehr Leistung für den Schneidprozess zur Verfügung gestellt werden. Ebenso wird durch ein Heizelement mit geringer Leistung die Baugröße des Wasserdampfplasma-Brenners wesentlich verkleinert.

[0012] Von Vorteil ist auch, dass durch eine stabile Verdampferzone Temperaturschwankungen beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand vermieden werden. Dadurch wird für den Schneidprozess ein Gas mit konstanten Eigenschaften geliefert.

[0013] Durch die Maßnahme, dass die Temperatur über den Druck geregelt wird und somit Temperaturschwankungen schnell ausgeglichen werden, wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass für einen Schneidprozess eine annähernd konstante Temperatur zur Verfügung steht. Dadurch verbessern sich die Schneideigenschaften erheblich.

[0014] In vorteilhafter Weise bewirkt die Aufheizzeit, dass ein Schneidvorgang mit konstanter Temperatur schneller gestartet werden kann.

[0015] Von Vorteil ist auch, dass die Aufheizzeit von der Temperatur des Wasserdampfplasma-Brenners abhängt, wodurch sich bei einem schnellen Wechsel der Energieversorgung für das Wasserdampfplasma-Schneidgerät eine kurze Aufheizzeit ergibt und der Schneidprozess schnell gestartet werden kann.

[0016] Durch die Maßnahme, dass schlagartige Temperaturschwankungen erkannt werden, wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass ein Schneidprozess nicht schlagartig unterbrochen wird. Daraus ergibt sich ein besseres Resultat des Schneidprozesses.

[0017] Von Vorteil ist, dass die Grundlast in Abhängigkeit der Aufheizzeit eingestellt wird, wodurch die konstante Temperatur für den Schneidprozess schneller zur Verfügung steht.

[0018] In vorteilhafter Weise bewirkt die Verschleißerkennung, dass die Verschleißteile länger eingesetzt werden können.

[0019] Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0020] Darin zeigen:

Fig. 1 eine exemplarische Darstellung eines Wasserdampfplasma-Schneidgerätes;

Fig. 2 eine exemplarische Darstellung des Querschnitts des Wasserdampfplasma-Brenners;

Fig. 3 das schematische Verhalten von Temperatur, Heizlast und Druck während einem Schneidbetrieb; und

Fig. 4 das schematische Verhalten von Temperatur und Heizlast bei einer schlagartigen Temperaturänderung.

[0021] Einführend wird festgehalten, dass gleiche Teile des Ausführungsbeispiels mit gleichen Bezugszeichen versehen werden.

[0022] In Fig. 1 ist ein Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 mit einem Grundgerät 1a für ein Wasserdampf-Schneidverfahren gezeigt. Das Grundgerät 1a umfasst eine Stromquelle 2, eine Steuervorrichtung 3 und ein der Steuervorrichtung 3 zugeordnetes Sperrelement 4. Das Sperrelement 4 ist mit einem Behälter 5 und einem Wasserdampfplasma-Brenner 6 über eine Versorgungsleitung 7 verbunden, sodass der Wasserdampfplasma-Brenner 6 mit einer im Behälter 5 angeordneten Flüssigkeit 8 versorgt werden kann. Die Versorgung des Wasserdampfplasma-Brenners 6 mit elektrischer Energie erfolgt über Leitungen 9, 10 von der Stromquelle 2.

[0023] Zum Kühlen des Wasserdampfplasma-Brenners 6 ist dieser über einen Kühlkreislauf 11 allenfalls unter Zwischenschaltung eines Strömungswächters 12 mit einem Flüssigkeitsbehälter 13 verbunden. Bei der Inbetriebnahme des Wasserdampfplasma-Brenners 6 bzw. des Wasserdampf-Schneidgeräts 1 kann der Kühlkreislauf 11 von der Steuervorrichtung 3 gestartet und somit eine Kühlung des Wasserdampfplasma-Brenners 6 über den Kühlkreislauf 11 erreicht werden. Zur Bildung des Kühlkreislaufs 11 wird der Wasserdampfplasma-Brenner 6 über Kühlleitungen 14, 15 mit dem Flüssigkeitsbehälter 13 verbunden.

[0024] Weiters kann das Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 eine Eingabe-und/oder Anzeigevorrichtung 16 aufweisen, über welche die unterschiedlichsten Parameter bzw. Betriebsarten des Wasserdampfplasma-Schneidgeräts 1 eingestellt und angezeigt werden können. Die über die Eingabe und/oder Anzeigevorrichtung 16 eingestellten Parameter werden an die Steuervorrichtung 3 weitergeleitet, welche die einzelnen Komponenten des Wasserdampfplasma-Schneidgeräts 1 entsprechend ansteuert.

[0025] Weiters kann der Wasserdampfplasma-Brenner 6 zumindest ein Bedienelement 17, insbesondere einen Taster 18, aufweisen. Über das Bedienelement 17, insbesondere den Taster 18, kann der Benutzer durch Aktivieren und/oder Deaktivieren des Tasters 18 der Steuervorrichtung 3 vom Wasserdampfplasma-Brenner 6 aus mitteilen, dass ein Wasserdampf-Schneidverfahren gestartet bzw. durchgeführt werden soll. Des Weiteren können an der Eingabe-und/oder Anzeigevorrichtung 16 beispielsweise Voreinstellungen ge-

troffen werden, insbesondere das zu schneidende Material, die verwendete Flüssigkeit und beispielsweise Kennlinien des Stromes und der Spannung vordefiniert werden. Selbstverständlich können weitere Bedienelemente am Wasserdampfplasma-Brenner 6 angeordnet sein, über die ein oder mehrere Betriebsparameter des Wasserdampfplasma-Schneidgeräts 1 vom Wasserdampfplasma-Brenner 6 aus eingestellt werden. Hierzu können diese Bedienelemente direkt über Leitungen oder über ein Bussystem mit dem Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1, insbesondere der Steuervorrichtung 3, verbunden sein.

[0026] Die Steuervorrichtung 3 aktiviert nach dem Betätigen des Tasters 18 die einzelnen für das Wasserdampf-Schneidverfahren benötigten Komponenten. Beispielsweise werden zuerst eine Pumpe (nicht dargestellt), das Sperrelement 4 sowie die Stromquelle 2 angesteuert, wodurch eine Versorgung des Wasserdampfplasma-Brenners 6 mit der Flüssigkeit 8 sowie mit elektrischer Energie eingeleitet wird. Anschließend aktiviert die Steuervorrichtung 3 den Kühlkreislauf 11, so dass eine Kühlung des Wasserdampfplasma-Brenners 6 ermöglicht wird. Durch die Versorgung des Wasserdampfplasma-Brenners 6 mit der Flüssigkeit 8 und mit Energie, insbesondere mit Strom und Spannung, wird nunmehr im Wasserdampfplasma-Brenner 6 die Flüssigkeit 8 in ein Gas 19, insbesondere in Plasma, mit hoher Temperatur umgewandelt, so dass durch das aus dem Wasserdampfplasma-Brenner 6 ausströmende Gas 19 ein Schneidprozess an einem Werkstück 20 durchgeführt werden kann.

[0027] Für einen Schneidprozess am Werkstück 20 mit dem Wasserdampfplasma-Brenner 6, welcher detailliert in Fig. 2 dargestellt ist, ist zusätzlich ein Lichtbogen erforderlich. Der Lichtbogen wird von der Steuervorrichtung 4 bzw. durch Betätigen des Tasters 18 gezündet und brennt zwischen einer Kathode 21, welche im Wasserdampfplasma-Brenner 6 integriert und bevorzugt mit dem negativen Pol der Stromquelle 2 verbunden ist, und einer Anode, welche durch eine Düse 22 gebildet wird und mit dem positiven Pol der Stromquelle 2 verbunden ist. Nähert sich der Wasserdampfplasma-Brenner 6 dem Werkstück 20, wird der positive Pol der Stromquelle 2 von der Düse 22 auf das Werkstück 20 geschaltet, wodurch der Lichtbogen durch das Gas 19 durch eine Austrittsöffnung 23 in der Düse 22 nach außen getrieben wird und somit zwischen der Kathode 21 und dem Werkstück 20 brennt. Hierzu wird von der Steuervorrichtung 4 der Strom entsprechend erhöht, wodurch beispielsweise das Werkstück 20 getrennt werden kann.

[0028] Damit die Trennung des Werkstücks 20 erfolgreich durchgeführt werden kann, ist eine entsprechende Temperatur des Gases 19 erforderlich bzw. muss das Gas 19 aus der Flüssigkeit 8 gebildet werden. Dies erfolgt, wie aus dem Stand der Technik bekannt, durch die von der Düse 22 rückgeleitete Wärme.

[0029] Erfindungsgemäß erfolgt das Verdampfen der Flüssigkeit über ein Heizelement 24, welches im Was-

serdampfplasma-Brenner 6 integriert ist und entsprechend mit elektrischer Energie versorgt wird, welches mit einer Regelung verbunden ist. Zusätzlich regelt die Regelung den Druck 34, mit welcher die Flüssigkeit 8 in den Wasserdampfplasma-Brenner 6 befördert wird. Hierbei sorgt die Regelung für eine annähernd konstante Temperatur des Gases 19. Ebenso wird eine schnelle Ansprechzeit des Heizelementes 24 erreicht, da das Heizelement 24 ständig mit Energie versorgt wird, welche von der Regelung entsprechend verändert bzw. angepasst werden kann.

[0030] Grundsätzlich ist die Regelung in der Steuervorrichtung 3 des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 integriert und ist in einen sogenannten "Stand-By-Betrieb" und in einen "Schneidbetrieb" unterteilt.

[0031] Der "Stand-By-Betrieb" wird aktiviert, wenn das Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 eingeschaltet wird. Durch das Einschalten wird das Heizelement 24 von der Regelung mit der maximalen Energie, also 100 Prozent bzw. voller Heizlast, versorgt. Dadurch wird ein sogenannter Verdampfer 25 vorgeheizt, bis ein gewisser Schwellwert 26, beispielsweise 190° C, für die Temperatur 27 des Verdampfers 25 erreicht wird. Dieser Schwellwert 26 wird von einem Sensor 28, welcher die Temperatur 27 des Verdampfers 25 misst, erfasst. Der Sensor 28 gibt den erfassten Wert an die Regelung weiter. Nach Erreichen des Schwellwertes 26 wird eine vordefinierte Aufheizzeit gestartet. Diese bewirkt eine Wärmeausbreitung im Wasserdampfplasma-Brenner 6, wodurch eine konstante Temperatur der am Schneidprozess beteiligten Komponenten, wie beispielsweise der Kathode 21, im Wasserdampfplasma-Brenner 6 erreicht wird. Selbstverständlich wäre es auch möglich, mehrere Sensoren 28 zur Erfassung der Wärmeausbreitung im Wasserdampfplasma-Brenner 6 zu integrieren. Die Aufheizzeit wird von der Regelung bestimmt und ist von der Temperatur 27 des Verdampfers 25 nach dem Einschalten des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 abhängig. Beispielsweise ist die Aufheizzeit nach Erreichen des Schwellwertes 26 kürzer, wenn nach einem Schneidprozess der Standort gewechselt und somit die Energieversorgung des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 kurzzeitig unterbrochen wird. Erfolgt nach dem Einschalten des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 längere Zeit kein Schneidprozess, wird die Temperatur 27 des Verdampfers 25 auf dem Schwellwert 26 gehalten. Dies erfolgt derart, dass das Heizelement 24 zum Erreichen des Schwellwertes 26 die volle Heizlast 29 liefert bzw. nach Erreichen des Schwellwertes 26 von der Regelung ausgeschaltet wird. Somit handelt es sich im "Stand-By-Betrieb" um einen sogenannten Zwei-Punkt-Regler für die Regelung der Temperatur 27.

[0032] Ebenso wird ein derartiger Zwei-Punkt-Regler für den "Schneidbetrieb" eingesetzt. Hierbei wird jedoch das Heizelement 24 im Normalbetrieb nie ausgeschaltet, sondern die volle Heizlast 29 auf eine definierte Grundlast 30 gesenkt bzw. die Grundlast 30 entsprechend geregelt.

[0033] Befindet sich die Temperatur 27 unterhalb des Schwellwertes 26, liefert das Heizelement 24 die volle Heizlast 29. Ist die Temperatur 27 hingegen über dem Schwellwert 26, liefert das Heizelement 24 eine bestimmte Grundlast 30. Dadurch stellt sich eine annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 ein, wobei die Temperatur 27 im Wesentlichen der Temperatur des Gases 19 entspricht. Somit kann ein Schneidprozess gestartet werden, wobei der Wasserdampfplasma-Brenner 6 mit der Flüssigkeit 8 über eine Zuleitung 31 versorgt wird und die Flüssigkeit 8 durch den Verdampfer 25 zu dem Gas 19 verdampft wird. Der Bereich, in welchem die Flüssigkeit 8 in das Gas 19 umgewandelt, also verdampft wird, wird als sogenannte Verdampfungszone 32 bezeichnet. Damit für einen Schneidprozess das Gas 19 eine annähernd konstante Temperatur aufweist, sollte sich die Verdampferzone 32 im Verdampfer 25 nicht bewegen bzw. wandern. Dies wird in vorteilhafter Weise durch die Grundlast 30 erreicht, da durch die Grundlast 30 das Heizelement 24 auch über dem Sollwert 26 aktiv ist und somit eine konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 gewährleistet ist.

[0034] Grundsätzlich ist die Grundlast 30 pulsweitenmoduliert und wird während des Schneidprozesses bevorzugt zwischen zehn und neunzig Prozent geregelt. Der Startwert für die Grundlast 30, also der Wert für den Start eines Schneidprozesses, hängt von der Aufheizzeit des Wasserdampfplasma-Brenners 6 ab. Das heißt, hatte der Wasserdampfplasma-Brenner 6 beim Einschalten des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 eine niedrigere Temperatur, sprich eine lange Aufheizzeit, stellt sich ein hoher Wert für die Grundlast 30 als Startwert ein. Hatte der Wasserdampfplasma-Brenner 6 beim Einschalten des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1 eine höhere Temperatur, sprich eine kurze Aufheizzeit, stellt sich ein niedriger Wert für die Grundlast 30 als Startwert ein. Im weiteren Verlauf stellt sich die Grundlast 30 entsprechend ein. Also nur beim Einschalten wird ein Startwert für die Grundlast 30 vorgegeben, wobei die Grundlast 30 während einem Schneidprozess geregelt bzw. angepasst wird.

[0035] Beim Start eines Schneidprozesses wird beispielsweise die Grundlast 30 auf achtzig Prozent geregelt, wodurch sich eine optimale Betriebstemperatur des Gases 19 zwischen 190° C und 240° C einstellt und ein Schneidprozess schneller gestartet werden kann. Somit wird für den Schneidprozess genügend Flüssigkeit 8 zum Gas 19 verdampft, welches durch die Austrittsöffnung 23 der Düse 22 austritt. Zusätzlich ist für den Schneidprozess ein Lichtbogen erforderlich, welcher zwischen der Kathode 21 und dem Werkstück 20 brennt. Dies erfolgt dadurch, dass der Lichtbogen zwischen der Kathode 21 und der Düse 22 gezündet wird, wobei der Lichtbogen durch das Gas 19 durch die Austrittsöffnung 23 auf das Werkstück 20 getrieben wird. Der brennende Lichtbogen hat dementsprechend eine hohe Temperatur, wodurch insbesondere die Düse 22 und die Kathode 21 erwärmt werden. Diese geben wiederum die Wärme an die Ver-

dampferzone 32 ab, wodurch das Gas 19 zusätzlich erwärmt wird. Somit steigt durch die Grundlast 30 des Heizelementes 24 und der rückgeleiteten Wärme von der Düse 22 und der Kathode 21 die Temperatur 27 und somit die Betriebstemperatur des Gases 19. Damit das Gas 19 die Betriebstemperatur beibehält, senkt die Regelung entsprechend die Grundlast 30 des Heizelementes 24, beispielsweise um zehn Prozent. Ist diese Senkung der Grundlast 30 nicht ausreichend, d.h. dass die Temperatur 27 des Verdampfers 25 bzw. der Verdampferzone 32, welche der Sensor 28 erfasst, weiterhin steigt, wird die Grundlast 30 beispielsweise um weitere zehn Prozent gesenkt. Somit erfolgt eine dynamische Anpassung der Grundlast 30. Dieser Vorgang kann sich entsprechend oft wiederholen, bis die Grundlast 30 auf einen Wert von zehn Prozent gesenkt wurde. Da diese Regelung der Grundlast 30 grundsätzlich träge ist, wird diese Temperaturregelung durch eine Druckregelung unterstützt bzw. mit dieser kombiniert.

[0036] Die Druckregelung erfolgt beispielsweise über ein in der Zuleitung 31 der Flüssigkeit 8 integriertes Ventil 33 (nicht dargestellt) im Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1. Ebenso ist es möglich, dass die Druckregelung beispielsweise direkt über die Pumpe, welche die Flüssigkeit 8 zum Wasserdampfplasma-Brenner 6 befördert, im Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 erfolgt. Dieses Ventil 33 wird von der Druckregelung entsprechend geregelt. Grundsätzlich erfolgt die Druckregelung bevorzugt im Bereich zwischen fünf und sieben bar. Über das Ventil 33 wird der Druck 34 der Flüssigkeit 8 entsprechend eingestellt. Beispielsweise bewirkt ein höherer Druck der Flüssigkeit 8, dass mit der aktuellen Temperatur 27 des Verdampfers 25 die erhöhte Menge an Flüssigkeit 8 verdampft werden muss. Dadurch wird die Temperatur des Verdampfers 25 gesenkt. Auf diese Art und Weise kann die rückgeleitete Wärme von der Düse 22 und der Kathode 21 schnell kompensiert werden. Selbstverständlich kann die Druckregelung auch dazu eingesetzt werden, dass die Temperatur des Verdampfers 25 schnell erhöht wird. Dies erfolgt derart, dass der Druck 34 der Flüssigkeit 8 verringert wird. Dadurch wird eine geringere Menge an Flüssigkeit 8 mit der aktuellen Temperatur des Raumes 25 erhitzt, wodurch diese erhöht wird. Durch die Schnelligkeit der Druckregelung wird diese bevorzugt zuerst, also vor dem Ändern der Grundlast 30 durch die Temperaturregelung, eingesetzt, um Temperaturschwankungen beim Übergang vom flüssigen Zustand der Flüssigkeit 8 in den gasförmigen Zustand des Gases 19 auszugleichen.

[0037] Durch diese Kombination der Temperaturregelung und der Druckregelung wird eine annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 und somit des Gases 19 erreicht, welche sich positiv auf den Schneidprozess auswirkt. Ebenso kann diese Kombination der Regelung bis zu einem gewissen Grad den Verschleiß der Düse 22 ausgleichen bzw. verbessern.

[0038] Beispielsweise bewirkt der brennende Lichtbogen, dass die Austrittsöffnung 23 der Düse 22 vergrößert

wird, wodurch mehr Gas 19 durch die Austrittsöffnung 23 ausströmt und die Temperatur 27 des Verdampfers 25 sinkt. Damit dies den Schneidprozess nicht negativ beeinflusst, wird von der Regelung nach Erkennen der Änderung der Temperatur 27, der Druck 34 entsprechend geregelt bzw. verringert. Somit reduziert sich das ausströmende Gas 19, wodurch sich die Temperatur 27 des Verdampfers 25 wieder erhöht und somit annähernd konstant gehalten wird. Vergrößert sich der Durchmesser der Austrittsöffnung 23 weiterhin, wodurch wiederum die Temperatur 27 des Verdampfers 25 sinkt, muss der Druck 34, nach Erkennen der Temperaturänderung noch weiter gesenkt werden, beispielsweise auf den minimalen Wert von fünf bar. Da dieser minimale Druck 34 von fünf bar, welcher für den Schneidprozess notwendig ist, nicht unterschritten werden soll, kann möglicherweise die annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 nicht erreicht werden. Dies wird dadurch verhindert, dass die Temperaturregelung die Grundlast 30 beispielsweise um zehn Prozent erhöht. Dadurch kann die annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 gewährleistet werden. Durch den weiteren Verschleiß der Düse 22 sinkt wiederum die Temperatur 27. Da der Druck 34 bereits den unteren Schwellwert bzw. den minimal erforderlichen Wert erreicht hat, kann der Temperaturabfall nur mehr durch eine Erhöhung der Grundlast 30 ausgeglichen werden. Somit stellt sich wieder die annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 ein.

[0039] Mit dieser Art der Regelung erhält man somit auch einen Rückschluss auf den Verschleiß der Düse 22. Somit erkennt die Regelung anhand einer geringen Grundlast und einem hohen Druck, dass sich die Düse 22 in einem guten bzw. sehr guten Zustand befindet. Umgekehrt erkennt die Regelung anhand einer hohen Grundlast und einem geringen Druck, dass sich die Düse 22 in einem schlechten bzw. sehr schlechten Zustand befindet und daher gewechselt werden muss. Dementsprechend kann der Verschleiß der Düse beispielsweise an der Anzeigevorrichtung 16 angezeigt werden.

[0040] In Fig. 3 ist die Regelung von Druck und Temperatur schematisch und beispielhaft während eines Schneidprozesses dargestellt. Wie aus den Diagrammen für die Temperatur 27, die Heizlast 29 und dem Druck 34 ersichtlich, ist bis zum Zeitpunkt 35 ein Schneidprozess im Normalbetrieb dargestellt. Hierbei schwankt die Temperatur 27 um den Sollwert 26 der Temperatur 27, wobei der Druck 34 in Abhängigkeit der Temperatur 27 bzw. der Temperaturdifferenz zum Sollwert 26 geregelt wird. Somit wird also die Temperatur 27 über den Druck 34 geregelt. Weiters wird die Grundlast 30 bevorzugt konstant gehalten. Grundsätzlich steigt also der Druck 34, wenn die Temperatur 27 über dem Sollwert 26 liegt bzw. fällt der Druck 34, wenn die Temperatur 27 unterhalb des Sollwertes 26 liegt. Wie ab Zeitpunkt 35 ersichtlich, steigt die Temperatur 27 kontinuierlich an, wodurch der Druck 34 von der Regelung entsprechend erhöht wird um die Temperatur 27 wieder zu senken.

Übersteigt der Druck 34 einen oberen Schwellwert 36 von beispielsweise 6,5 bar, wie zum Zeitpunkt 37 ersichtlich, wird zusätzlich die Grundlast 30 gesenkt, beispielsweise um zehn Prozent. Damit die Temperatur 27 wieder auf den Sollwert 26 gesenkt wird, bleibt der Druck 34 auf dem Maximum, wie bis zum Zeitpunkt 38 ersichtlich. In Abhängigkeit von der Zeitdauer zwischen Zeitpunkt 37 und 38, also vom überschreiten des Schwellwertes 36 bis die Temperatur 27 den Sollwert 26 erreicht hat, kann entsprechend die Grundlast 30 mehrmals um weitere zehn Prozent gesenkt werden, bis das Minimum von zehn Prozent erreicht ist. Beispielhaft ist eine weitere Senkung um zehn Prozent der Grundlast 30 zwischen dem Zeitpunkt 37 und 38 dargestellt. Kann dadurch die Temperatur 27 nicht gesenkt werden und überschreitet diese einen Wert von 240° C, wird das Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 von der Regelung aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. Grundsätzlich bewirkt jedoch diese Maßnahme, dass die Temperatur 27 den Sollwert 26 erreicht bzw. um diesen schwankt, also ab dem Zeitpunkt 38. Hierbei wird entsprechend der Druck 34 angepasst und die Grundlast 30 auf dem gesenkten Wert konstant gehalten. Unterschreitet die Temperatur 27 einen unteren Schwellwert 29 von beispielsweise 182° C, wird der Druck 34 entsprechend auf das Minimum gesenkt und zusätzlich die Grundlast 30 um zehn Prozent erhöht, damit der Sollwert 26 so schnell wie möglich wieder erreicht wird. Dies ist ab Zeitpunkt 40 dargestellt. Sobald der Schwellwert 39 wieder überschritten wird, wie zum Zeitpunkt 41 ersichtlich, verhält sich die Regelung entsprechend dem Normalbetrieb. Das heißt, der Druck 34 wird, falls möglich, gesenkt wenn die Temperatur 27 unterhalb des Schwellwertes 26 ist und entsprechend erhöht, wenn die Temperatur 27 über dem Schwellwert 26 liegt, wobei die Grundlast 30 mit dem aktuellen Wert konstant gehalten wird.

[0041] Ebenso ist die Regelung erfindungsgemäß derart erweitert, dass schlagartige Temperatureinbrüche erkannt werden und dementsprechend entgegengewirkt wird.

[0042] Dies wird anhand der Diagramme über den Verlauf eines Schneidprozesses von Fig. 4 näher beschrieben wird. Wie aus dem Temperaturverlauf ersichtlich, steigt die Temperatur 27 bis zum Zeitpunkt 42 kontinuierlich während eines Schneidprozesses an, wobei anschließend ein schlagartiger Temperatureinbruch erfolgt. Dies ist zwischen dem Zeitpunkt 42 und 43 dargestellt. Dieser Temperatureinbruch von beispielsweise 40° C pro Sekunde wird von der Regelung erkannt und dementsprechend reagiert, sprich die Temperatur 27 wird über den Druck 34 geregelt, wie bereits bekannt. Zusätzlich wird zum Zeitpunkt 42 die Grundlast 30 auf die volle Heizlast 29 erhöht. Dadurch wird der schlagartige Temperatureinbruch gedämpft bzw. abgeflacht und es stellt sich wieder die konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 ein. Die volle Heizlast 29 liegt solange an, bis der Temperatureinbruch entsprechend abgedämpft wurde, wie ab Zeitpunkt 43 ersichtlich. Somit wird

die Grundlast 30 wieder auf den ursprünglichen Wert gesenkt. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass die Grundlast 30 über eine längere Zeitdauer auf die volle Heizlast 29 erhöht wird, damit sich die annähernd konstante Temperatur 27 des Verdampfers 25 einstellt. Dadurch wird in vorteilhafter Weise verhindert, dass der Schwellwert 26 der Temperatur 27 mit einer zu steilen Flanke durchbrochen wird. Dies könnte dazu führen, dass die Regelung das Sinken der Temperatur nicht mehr bremsen kann, wodurch die Temperatur 27 beispielsweise unter 170° C fällt und das Wasserdampfplasma-Schneidgerät 1 selbstständig abschaltet. Ebenso kann diese Regelung beispielsweise entfallen, wenn die Temperatur 27 nahe der maximalen Temperatur von beispielsweise 240° C liegt.

[0043] Bevorzugt erfolgt die Regelung von Druck und Temperatur von einem Mikrocontroller, insbesondere vom Mikrocontroller der Steuervorrichtung 3 des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes 1.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umwandeln einer Flüssigkeit (8) in einen gasförmigen Zustand für einen Schneidprozess mit einem Wasserdampfplasma-Schneidgerät (1), bestehend aus einem Wasserdampfplasma-Brenner (6) mit einem Heizelement (24), einem Verdampfer (25), einer Energieversorgung und einer Zuleitung (31) für eine Flüssigkeit (8), wobei eine entsprechende Temperatur (27) für die Verdampfung der Flüssigkeit (8) erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur (27) im Betrieb derart geregelt wird, dass ein Sensor (28) die Temperatur (27) des Verdampfers (25) erfasst und an eine Regelung übermittelt, welche entsprechend das Heizelement (24) mit der nötigen Energie versorgt und von welcher ein erforderlicher Druck (34) der in den Wasserdampfplasma-Brenner (6) zugeführten Flüssigkeit (8) geregelt wird, sodass für einen Schneidprozess eine annähernd konstante Temperatur (27) der verdampften Flüssigkeit (8) zur Verfügung gestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energie für das Heizelement (24) variabel geregelt wird und somit das Heizelement (24) im Betrieb ständig mit Energie, also einer variablen Grundlast (30), versorgt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** vom Heizelement (24) im Betrieb bevorzugt eine Grundlast (30) zwischen zehn und neunzig Prozent erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck (34) in Abhängigkeit der Temperatur zu einem Schwellwert

(26) geregelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die variable Grundlast (30) bzw. Heizlast (29) eine stabile Verdampferzone (32), in welcher die Flüssigkeit (8) in den gasförmigen Zustand übergeht, erreicht wird. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung des Drucks (34) für einen schnellen Ausgleich von Temperaturänderungen eingesetzt wird. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement (24), also die Grundlast (30), für langfristige Temperaturänderungen eingesetzt wird. 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Regelung schlagartige Schwankungen Temperatur (27) erkannt und ausgeglichen werden. 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** schlagartige Temperaturschwankungen durch Erhöhen der Grundlast (30) auf die maximale Heizlast (29) ausgeglichen werden. 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Einschalten des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes (1) und Erreichen des Schwellwertes (26) der Temperatur (27) eine Aufheizzeit gestartet wird. 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufheizzeit in Abhängigkeit von der Temperatur (27) des Wasserdampfplasma-Brenners (6) bzw. des Verdampfers (25) eingestellt wird. 35
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Startwert für die Grundlast (30) für einen Schneidprozess in Abhängigkeit der Aufheizzeit eingestellt wird. 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** aufgrund der Temperaturwerte und der Druckwerte eine Erkennung des Verschleißes von einer oder mehreren Komponenten des Wasserdampfplasma-Brenners (6) durchgeführt wird. 45
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verschleiß einer Düse (22) erkannt wird. 50
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung von der 55

Steuervorrichtung (3) des Wasserdampfplasma-Schneidgerätes (1) übernommen wird.

16. Wasserdampfplasma-Brenner zum Umwandeln einer Flüssigkeit (8) in einen gasförmigen Zustand für einen Schneidprozess mit einem Wasserdampfplasma-Schneidgerät (1), mit einem Verdampfer (25), einer Energieversorgung und einer Zuleitung (31) für eine Flüssigkeit (8), wobei eine entsprechende Temperatur (27) für die Verdampfung der Flüssigkeit (8) erforderlich ist und im Wasserdampfplasma-Brenner (6) ein Heizelement (24) integriert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (28) vorgesehen ist, welche die vom Heizelement (24) erzeugte Wärme erfasst und welcher Sensor (28) mit einer Regelung für das Heizelement (24) verbunden ist.
17. Wasserdampfplasma-Brenner nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement (24) eine geringe Leistungsaufnahme aufweist.
18. Wasserdampfplasma-Brenner nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die geringe Leistungsaufnahme eine kompakte Bauweise des Wasserdampfplasma-Brenners (6) möglich ist.

Claims

1. A method for transforming a liquid (8) into a gaseous state for a cutting process with a water-steam cutting device (1), consisting of a water-steam plasma torch (6), which includes a heating element (24), an evaporator (25), an energy supply and a supply line (31) for a liquid (8), wherein an appropriate temperature (27) is generated for evaporation of the liquid (8), **characterised in that** the temperature (27) is controlled during operation such that a sensor (28) senses the temperature (27) of the evaporator (25) and transmits it to a regulation unit which correspondingly supplies the heating element (24) with the energy required and by which a required pressure (34) of the liquid (8) supplied to the water-steam plasma torch (6) is regulated so that an approximately constant temperature (27) of the evaporated liquid (8) is provided for a cutting process.
2. The method according to claim 1, **characterised in that** the energy required for the heating element (24) is variably regulated and the heating element (24) is thus permanently supplied with energy, i.e. with a variable base load (30), during operation.
3. The method according to claim 2, **characterised in that** preferably a base load (30) of from between 10 and 90 percent is generated by the heating element (24) during operation.

4. The method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the pressure (34) is regulated to a threshold value (26) as a function of the temperature.
5. The method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** a stable evaporator zone (32), in which the liquid (8) changes into its gaseous state, is achieved by the variable base load (30) and/or heating load (29).
6. The method according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the regulation of the pressure (34) is used for balancing temperature changes quickly.
7. The method according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the heating element (24), i.e. the base load (30), is used for long-term temperature changes.
8. The method according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** sudden variations of the temperature (27) are detected and balanced via the regulation unit.
9. The method according to claim 8, **characterised in that** sudden temperature variations are balanced by increasing the base load (30) to the maximum heating load (29).
10. The method according to any one of claims 1 to 9, **characterised in that** a heating-up time will be started after the water-steam cutting device (1) has been turned on and after the threshold value (26) of the temperature (27) has been reached.
11. The method according to claim 10, **characterised in that** the heating-up time is set as a function of the temperature (27) of the water-steam plasma torch (6) and/or the evaporator (25).
12. The method according to claim 10 or 11, **characterised in that** an initial value is set for the base load (30) for a cutting process as a function of the heating-up time.
13. The method according to any one of claims 1 to 12, **characterised in that** the wear of one or several component(s) of the water-steam plasma torch (6) is detected based on the temperature values and pressure values.
14. The method according to claim 13, **characterised in that** the wear of a nozzle (22) is detected.
15. The method according to any one of claims 1 to 14, **characterised in that** the regulation is performed

by the control unit (3) of the water-steam cutting device (1).

16. A water-steam plasma torch for transforming a liquid (8) into a gaseous state for a cutting process with a water-steam cutting device (1), with an evaporator (25), an energy supply and a supply line (31) for a liquid (8), wherein an appropriate temperature (27) is required for evaporation of the liquid (8), and a heating element (24) is integrated into the water-steam plasma torch (6), **characterised in that** a sensor (28) is provided which senses the heat generated by the heating element (24) and which sensor (28) is connected with a regulation unit provided for the heating element (24).
17. The water-steam plasma torch according to claim 16, **characterised in that** the heating element (24) has a low power input.
18. The water-steam plasma torch according to claim 17, **characterised in that** the low power input allows for a compact construction of the water-steam plasma torch (6).

Revendications

1. Procédé pour transformer un liquide (8) en un état gazeux pour un processus de coupe avec un appareil de coupe à plasma/vapeur d'eau (1), constitué d'un chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6) avec un élément chauffant (24), un évaporateur (25), une alimentation en énergie et une conduite d'arrivée (31) pour un liquide (8), une température (27) appropriée à l'évaporation du liquide (8) étant produite, **caractérisé en ce que** la température (27) est régulée pendant le fonctionnement de manière qu'une sonde (28) relève la température (27) de l'évaporateur (25) et la transmette à une régulation qui alimente en conséquence l'élément chauffant (24) avec l'énergie nécessaire, et par laquelle une pression (34) nécessaire du liquide (8) amené au chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6) est régulée, de sorte qu'une température (27) approximativement constante du liquide (8) évaporé est fournie pour un processus de coupe.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'énergie pour l'élément chauffant (24) est régulée de manière variable et l'élément chauffant (24) est ainsi alimenté en permanence en énergie pendant le fonctionnement, c'est-à-dire avec une charge de base (30) variable.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** pendant le fonctionnement, de préférence, une charge de base (30), comprise entre dix et qua-

tre-vingt-dix pour cent, est produite par l'élément chauffant (24).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la pression (34) est régulée en fonction de la température à une valeur de seuil (26). 5
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** du fait de la charge de base (30) ou de la charge de chauffe (29) variable on obtient une zone d'évaporateur (32) stable dans laquelle le liquide (8) passe à l'état gazeux. 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la régulation de la pression (34) est utilisée pour une compensation rapide des variations de la température. 15
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant (24), c'est-à-dire la charge de base (30), est utilisé pour des variations à long terme de la température. 20
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la régulation reconnaît et compense des fluctuations brusques de la température (27). 25
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les fluctuations brusques de la température sont compensées par augmentation de la charge de base (30) à la charge de chauffe (29) maximale. 30
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**après enclenchement de l'appareil de coupe à plasma/vapeur d'eau (1) et obtention de la valeur de seuil (26) de la température (27), un temps de chauffage est initialisé. 35
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le temps de chauffage est réglé en fonction de la température (27) du chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6) ou de l'évaporateur (25). 40
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'**une valeur de démarrage pour la charge de base (30) pour un processus de coupe est réglée en fonction du temps de chauffage. 45
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** sur la base des valeurs de la température et des valeurs de la pression, il est procédé à une reconnaissance de l'usure d'un ou de plusieurs composants du chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6). 50

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'usure d'une buse (22) est reconnue.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** la régulation est assurée par le dispositif de commande (3) de l'appareil de coupe à plasma/vapeur d'eau (1). 55
16. Chalumeau à plasma/vapeur d'eau pour transformer un liquide (8) en un état gazeux pour un processus de coupe avec un appareil de coupe à plasma/vapeur d'eau (1), avec un évaporateur (25), une alimentation en énergie et une conduite d'arrivée (31) pour un liquide (8), une température (27) convenant à l'évaporation du liquide (8) étant nécessaire et dans le chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6) étant intégré un élément chauffant (24), **caractérisé en ce qu'**il est prévu un capteur (28) qui relève la chaleur produite par l'élément chauffant (24) et lequel capteur (28) est relié à une régulation pour l'élément chauffant (24).
17. Chalumeau à plasma/vapeur d'eau selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant (24) présente une faible consommation de puissance.
18. Chalumeau à plasma/vapeur d'eau selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** du fait de la faible consommation de puissance, une construction compacte du chalumeau à plasma/vapeur d'eau (6) est possible.

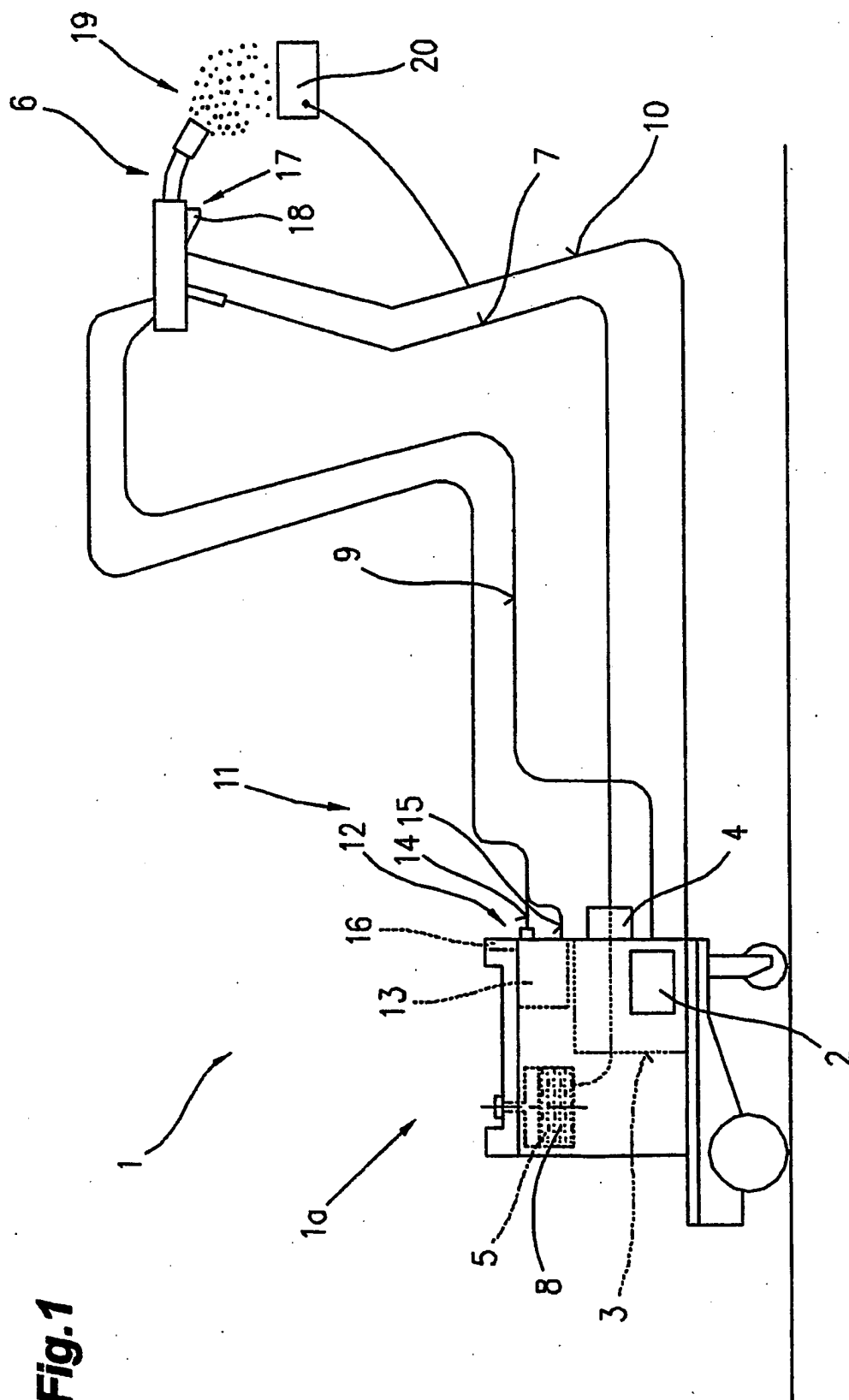


Fig.1

Fig.2

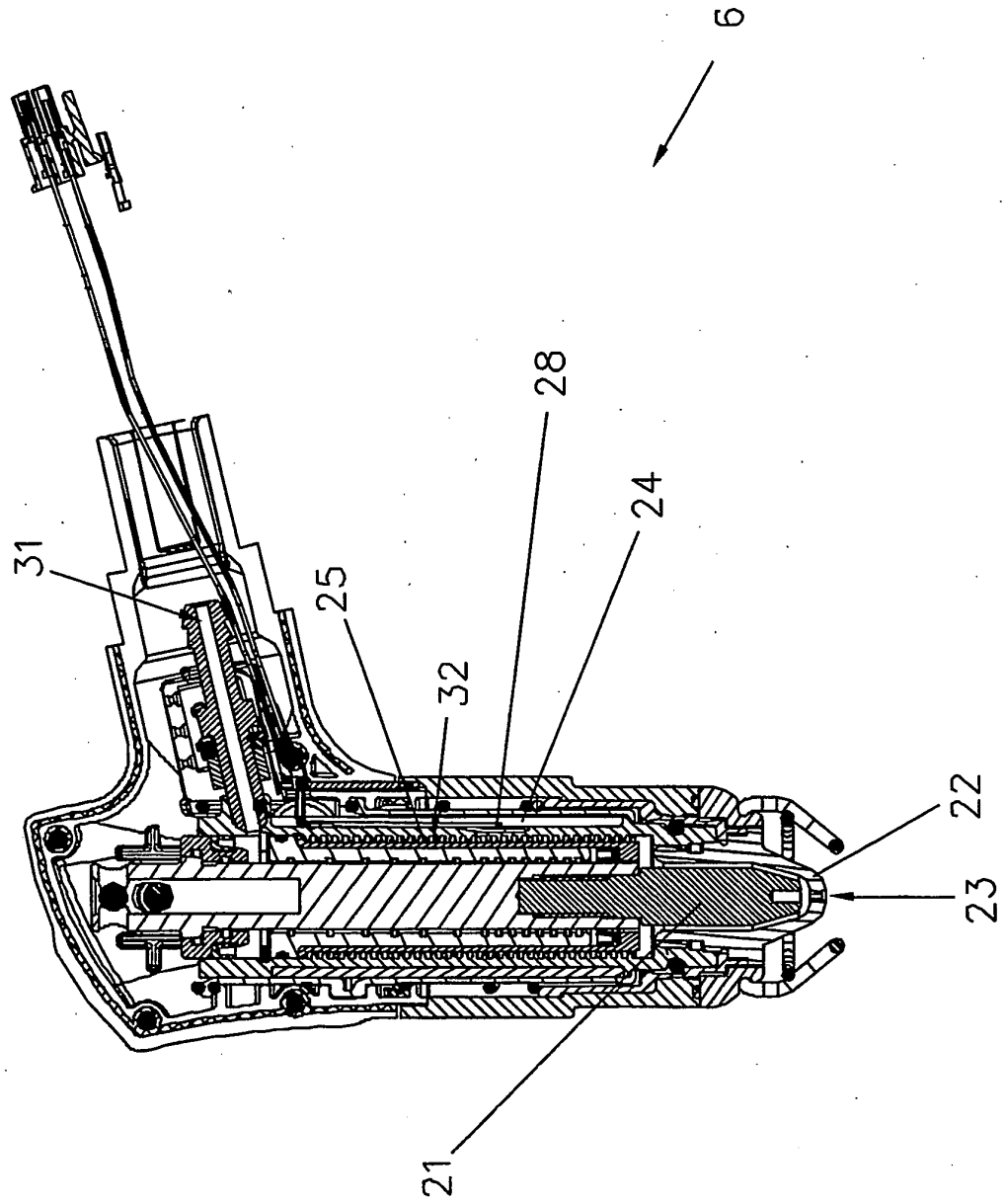


Fig.3

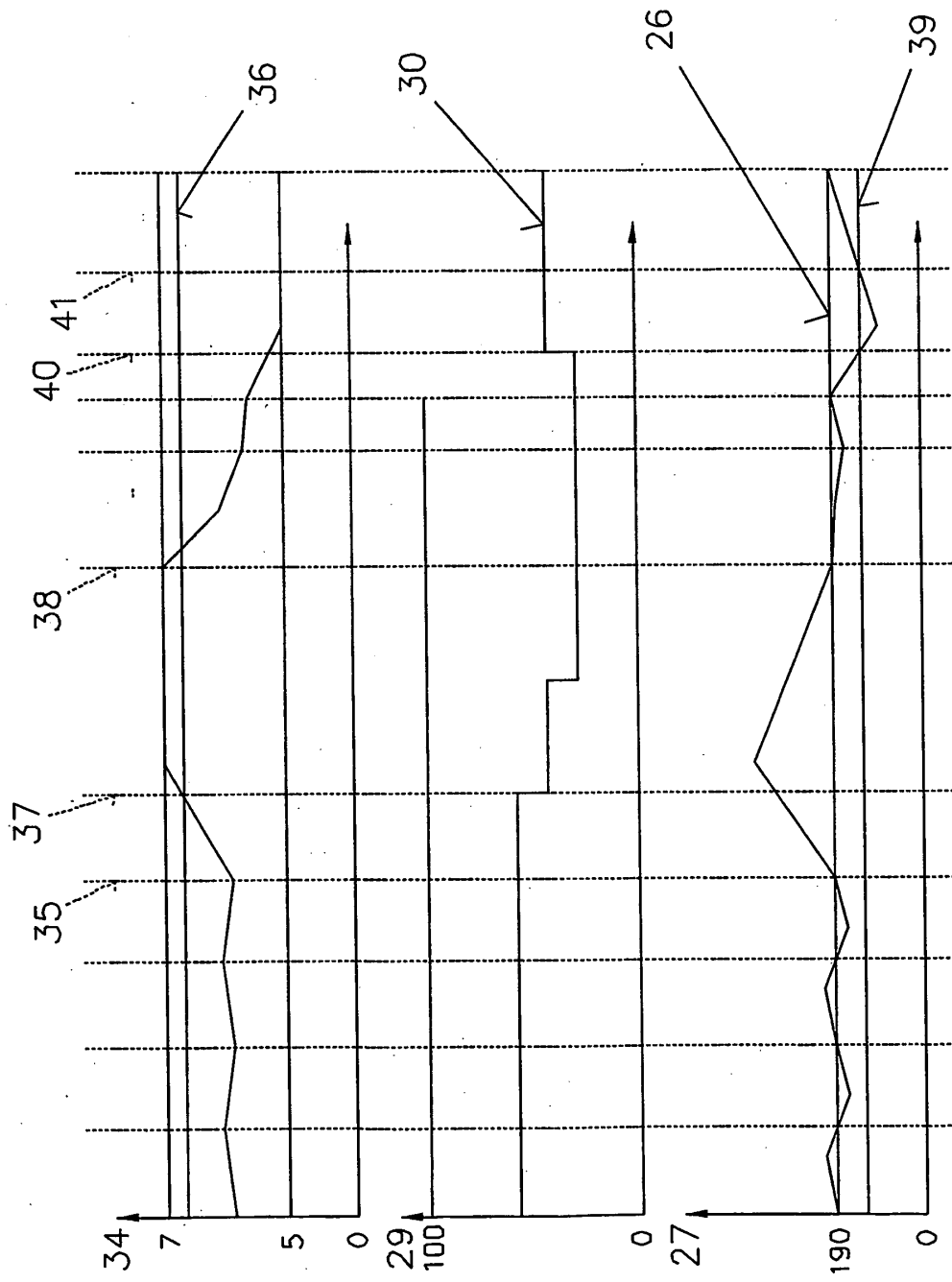
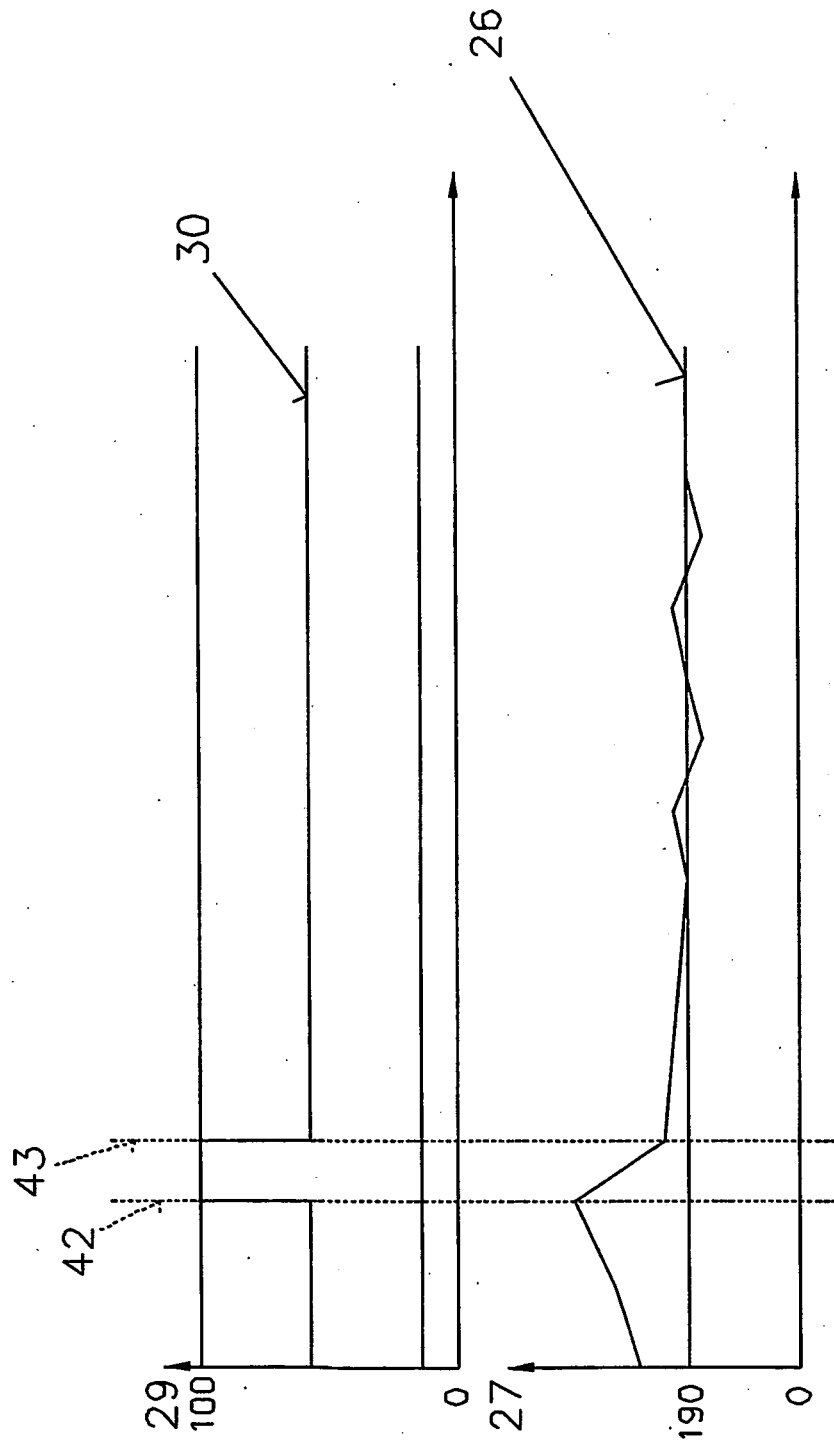


Fig.4



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

- EP 1050200 B1 [0004]