

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 523**

51 Int. Cl.:

**E21B 7/15** (2006.01)

**H05H 1/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2014 PCT/SK2014/050006**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14137299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2014 E 14718791 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2965594**

54 Título: **Método de generación de un arco eléctrico que actúa de forma directa, aérea, térmica y mecánica sobre un material, y dispositivo de generación de dicho arco eléctrico**

30 Prioridad:

**05.03.2013 SK 500062013**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.05.2018**

73 Titular/es:

**GA DRILLING, A. S. (100.0%)**

**Piest'anská 3**

**917 01 Trnava, SK**

72 Inventor/es:

**KOCIS, IVAN;**

**HORVÁTH, GABRIEL y**

**DVONC, LUKÁS**

74 Agente/Representante:

**CASTELLET I TORNE, Mari Angels**

ES 2 667 523 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**MÉTODO DE GENERACIÓN DE UN ARCO ELÉCTRICO QUE ACTÚA DE FORMA DIRECTA, AÉREA, TÉRMICA Y MECÁNICA SOBRE UN MATERIAL, Y DISPOSITIVO DE GENERACIÓN DE DICHO ARCO ELÉCTRICO**

5 **Descripción**

Campo técnico

10 **[0001]** La invención se refiere a la generación de un arco eléctrico que actúa de forma directa, aérea, térmica y mecánica sobre el material y al dispositivo de generación del arco eléctrico, y tiene por objeto su utilización principalmente en la desintegración y perforación de materiales en formaciones geológicas.

Antecedentes Técnicos

15 **[0002]** Se conocen los generadores de plasma térmico desde los años cuarenta en su formato tanto de arco no transferido como de arco transferido (hornos de fundición en metalurgia). Los antecedentes técnicos se exponen de forma exhaustiva en la monografía Diseño de sopletes de plasma térmico, Características, Aplicaciones, publicada por M.F. Zukov e I.M. Zasytkin con amplios antecedentes teóricos.

20 **[0003]** La acción térmica de un arco eléctrico sobre el material puede dividirse en cuatro categorías:

1. Acción indirecta a través de gas plasma que se calienta por un arco eléctrico en la que ambas raíces del arco se encuentran en el interior del dispositivo de arco no transferido (plasmatrones convencionales).

25 2. Sistemas en los que una raíz del arco está en el interior del dispositivo y la segunda raíz del arco está en el objeto de acción conductivo (sistemas comerciales de arco transferido – corte por plasma, soldadura, etc.).

30 3. Sistemas de acción directa en los que ambas raíces de un arco eléctrico tanto en los electrodos como en el propio arco se transfieren cerca del objeto de acción (Algunos hornos de arco y equipos de perforación; Aarts y colaboradores).

4. Sistemas de acción directa en los que no se transfieren ambas raíces de un arco eléctrico en los electrodos y en el interior del dispositivo y el propio arco (su mayor parte) se transfiere cerca del objeto de acción (la presente invención).

35 **[0004]** Los plasmatrones con arco no transferido generan un flujo de calor en el plasma (soplete) con temperaturas de unos 5.000-6.000 K.

**[0005]** El arco transferido alcanza temperaturas de hasta 15-20 miles de K, a alta presión (de hasta 1000 bar) 50-60 miles de K, con un rendimiento radiante (radiación) sensiblemente superior.

40 **[0006]** Existen antecedentes desde hace mucho tiempo de tratamiento térmico de materiales por arco eléctrico, concretamente desde mediados del siglo XIX, cuando se descubrió este fenómeno. Se

ha examinado la posibilidad de generar temperaturas elevadas de hasta varias decenas de miles de °K.

5 **[0007]** El uso de arco eléctrico transferido se extendió al campo de la soldadura y el corte, en el que también se produce una fusión intensa de materiales y su vaporización parcial. Todos estos métodos utilizan el material procesado como uno de los electrodos. Se han producido innovaciones importantes en esta área desde la primera mitad del siglo XX. Una problemática común radica en el uso del material / metal de corte o soldadura como uno de los electrodos.

10 **[0008]** La primera aplicación del plasma fue la fusión de metal en hornos de arco eléctrico, lo que supuso un cambio revolucionario comparado con los hornos de combustibles hidrocarbúricos.

15 **[0009]** Una de las patentes en la que se utilizaba arco transferido en este campo fue la patente estadounidense 5244488, de Ryoda y colaboradores, la primera en no utilizar la colada como uno de los electrodos, y sí en cambio tres electrodos entre los que se produce el proceso del arco. Se explota un principio similar en el método descrito en la patente estadounidense 2979449: Reducción carbotérmica de óxidos de metal, de Sheer C. y colaboradores, que se vale de temperaturas de hasta 10.000 K para la vaporización de materiales y su posterior condensación para obtener metal puro.

20 **[0010]** De igual modo, el método de implantación del reactor de plasma de la patente estadounidense 7727460 utiliza dos electrodos, independientes del material procesado, para implantar el arco transferido que vaporiza el material.

**[0011]** En los años cincuenta, aparecieron gradualmente las primeras aplicaciones de generadores de plasma térmico, especialmente en corte por plasma, soldadura y recubrimiento por plasma de capas metálicas y cerámicas.

25 **[0012]** En las siguientes patentes: patente estadounidense 2868950: Método y aparato de arco de metal eléctrico, de Gage, R.M., y asimismo la patente estadounidense 3082314: Soplete de arco de plasma, de Arata, Y. A. y colaboradores, y la patente estadounidense 4055741: Soplete de arco de plasma, de Bykhovsky y colaboradores, se describen generadores de vórtices de plasma. La problemática que tienen en común es que la temperatura del soplete se limita a temperaturas relativamente bajas, de unos 6.000 K a 8.000 K.

30 **[0013]** En la DE 10 2011 053 106 A1 se describe otro ejemplo de soplete de corte por plasma.

35 **[0014]** El acmé del uso de los generadores de plasma para el tratamiento térmico de materiales es el concepto de generadores acoplados / soplete de plasma doble, que se describe en la patente estadounidense 6744006: Aparato de soplete de plasma doble, de Johnson T.P. y colaboradores. Su ventaja reside en la independencia eléctrica del material procesado. El inconveniente está en la necesidad de usar dos plasmatrónes de valor total y el arco transferido únicamente puede tener la configuración de un segmento lineal.

40 **[0015]** Lo más próximo en cuanto a naturaleza a la presente patente es la vaporización de material mediante un arco transferido con el fin de crear micropartículas o nanopartículas.

**[0016]** En el artículo Aplicación de arcos transferidos a la producción de nanopartículas, de los autores Munz R. J., Addon T., da Cruz A.C., se describen de forma general usos del arco eléctrico para

producir nanopartículas mediante vaporización del material matriz. En la tesis doctoral de Adonn T: Estudio experimental y de modelación de la síntesis de vapor por plasma de polvos ultra finos de nitrito de aluminio (AIN). Universidad Mc Gill, Montreal, 1998.

5 **[0017]** Los sistemas descritos comparten una característica en común, que a la vez también es su inconveniente, a saber, que el material evaporado forma el material del ánodo consumido, en donde se sitúa una de las raíces del arco transferido.

10 **[0018]** En cuanto a la física del proceso de vaporización de materiales, existen soluciones para la vaporización mediante haz láser de gran potencia (de MW a TW) pero con una duración de tan solo fracciones de microsegundos o de hasta nanosegundos, raramente femtosegundos. Estos principios no tienen aplicación práctica a los procesos de perforación, pero son una buena referencia teórica para trabajos teóricos en el campo de los procesos de vaporización, aglomeración, condensación, conglomeración, así como procesos para apantallar el flujo de energía de arco transferido por roca evaporada.

15 **[0019]** Dentro de la investigación de aceleradores y radares de alto rendimiento en la investigación de la física de partículas, se han desarrollado fuentes de impulsos de corriente potentes, con una potencia instantánea que oscila entre MW y GW.

20 **[0020]** El principal valor innovador de dichas fuentes de alimentación reside en la transformación en el tiempo del proceso de carga de almacenaje de potencia (conjunto de capacitadores o inductancias). La carga lleva un tiempo que supera en varios órdenes de magnitud el tiempo de descarga de la energía almacenada. Por ejemplo, la carga durante un segundo por una fuente de 1 kW y la descarga de la energía almacenada durante 1 milisegundo lleva a una descarga eléctrica con potencia instantánea de 1 MW. La descarga durante un intervalo de tiempo más corto, por ejemplo 1  
25 microsegundo, permite concentrar la energía para obtener potencia instantánea de 1 GW.

**[0021]** Este principio puede utilizarse también para generar alta potencia mediante el fenómeno electrohidráulico o generando campos electromagnéticos de alta intensidad. Los plasmatrónes convencionales existentes no permiten el uso de dichas salidas de potencia extrema.

30 **[0022]** En un artículo de N. M. Bulgakov y A. V. Bulgakov: Ablación de sólidos con láser pulsado: Transición de la vaporización normal a la explosión por fases. – Física Aplicada A, 2001, Tomo 73, páginas 199-208. Los autores describen una vaporización de materiales rápida y explosiva en virtud de los efectos del flujo de calor intenso del haz láser.

35 **[0023]** No obstante, la utilización de la vaporización con láser tiene un gran inconveniente. El haz láser es fundamentalmente una fuente de calor puntual y para cubrir toda la zona del pozo de sondeo es necesario difuminar el haz, lo que reduce sensiblemente su densidad de potencia ( $W/m^2$ ), o realizar un barrido con el haz por toda la superficie, reduciendo así la potencia suministrada por área unitaria en 2-3 órdenes de magnitud. Una fuente de referencia igualmente importante es la utilización de  
40 ondas electromagnéticas milimétricas para fusionar o vaporizar las rocas a efectos de perforación, que se describe en el artículo: "(1) Informe Anual 2009, Perforación en Profundidad con Ondas Milimétricas Para Energía Geotérmica, Gas Natural y Petróleo, Programa de Financiación MITEI Seed Fund Program, Paul Woskov y Daniel Cohn, Centro de Fusión y Ciencias del Plasma del Instituto de Tecnológico de Massachusetts (MIT), 167 Albany Street, NW16-110, Cambridge, MA 02139.

5 **[0024]** El fenómeno electrohidráulico, basado en una descarga eléctrica en un medio acuoso con la consiguiente onda de choque de presión, actúa con una acción de presión extrema sobre objetos cercanos. Se conocen aplicaciones de este fenómeno como alternativa al proceso de prensado hidráulico en la desagregación de rocas o, respectivamente, en la formación de chapa metálica. El fenómeno electrohidráulico ofrece una alta eficiencia en un entorno acuático y su eficacia disminuye en un entorno gaseoso por las diferencias en viscosidad de los entornos en el orden de magnitud. Los plasmatrones convencionales no permiten la utilización de este fenómeno.

10 **[0025]** El fenómeno electrohidráulico descrito por L. Yutkin en 1955 en su trabajo "(Yutkin, L.A. (1986). Elektrogidrabliceskij efekt. Masinostrojenie – Leningradskoe otdelenie, Leningrado 3806811601; Bluhm, H. y colaboradores, "Aplicación de Descargas Pulsadas en Alta Tensión a la Fragmentación y Reciclaje de Materiales", Actas del IEEE sobre Aislamiento Dieléctrico y Eléctrico, tomo 7, Nº 5 oct. 2000, 625-636; Dubovenko, K. V. y colaboradores, "Características de la descarga eléctrica submarina a valores altos de presión y temperatura iniciales", Conferencia Internacional del IEEE sobre Ciencias del Plasma 1998; Hasebe, T. y colaboradores, "Concentración de Onda de Choque mediante Descarga Submarina, en Efecto de Concentración y Reflexión No Lineal", Zairyo (Diario de la Sociedad de Ciencias de los Materiales, Japón), tomo 45. Nº 10, 15 de octubre de 1996, 1151-1156; Weise, Th.H.G.G. y colaboradores, "Investigaciones experimentales sobre fraccionamiento de roca mediante la sustitución de explosivos por impulsos de presión generados eléctricamente", Conferencia Internacional del IEEE sobre Potencia Pulsada -Boletín de Exposiciones Técnicas v 1 1993), se aborda la utilización del efecto térmico en toda la gama de descargas disruptivas o un arco en el agua, la posterior explosión térmica y la generación de onda de choque de presión que fragmenta o deforma el material en su entorno.

25 **[0026]** J. von Neumann y R. D. Richtmyer describieron procesos con ondas de choque y efectos similares en "Método de cálculo numérico del choque hidrodinámico", Diario de Física Aplicada 21, 232-237 (1950).

30 **[0027]** La literatura de patentes describe un generador de plasma térmico clásico (plasmatrón) en la patente estadounidense US3944778 "Conjunto de electrodos de plasmatrón", de Bykhovskiy en 1976, cuya solución ya contiene principios básicos de los plasmatrones actuales, incluida una pareja de plasmatrones con arco eléctrico transferido interpuesto. La patente estadounidense US5801489, de Ruttberg y colaboradores, marca el inicio de la era de los plasmatrones más avanzados. Se trata del primer soplete de plasma de alto rendimiento trifásico que utiliza las fuerzas de Lorentz para desplazar arcos junto a los electrodos.

35 **[0028]** Una categoría especial de plasma térmico la constituyen los plasmatrones, en los que el gas plasma es un vapor de agua, en determinados casos incluso agua que se convierte en vapor en el dispositivo. Los primeros experimentos con arco eléctrico y agua los realizaron H. Gerdien, A. Lotz Wiss. Veröffentlichungen Siemenswerk 2, 489, 1922, y posteriormente H. Maecker. Zeitschrift fuer Physik 129, 108-122, 1951, y en concreto Hrabovský y colaboradores, Actas del IEEE sobre Ciencias del Plasma 3, 1993.

40 **[0029]** Hrabovský y colaboradores lograron resultados significativos investigando el generador de plasma de agua, en donde la superficie de agua giratoria representa al mismo tiempo un recipiente y un evaporador para la producción de vapor, que es el medio de plasma. Un calor específico del agua muy superior comparado con el de los gases utilizados proporciona una buena base para desarrollar

generadores de plasma térmico eficientes, siendo el vapor de agua el gas plasma como tecnología respetuosa con el medio ambiente.

5 **[0030]** La cuestión se abordó a fondo en cuanto a recuperación de calor y vida útil de los electrodos por B. I. Michajlov: Perspektivy praktičeskovo ispolzovanja elektrodugovoj vodno-parnoj plazmy. Teplofyzika i airodinamika, Tomo 9, Cuestión 1, Departamento de Mecánica Teórica y Aplicada SORAN., Novosibirsk, 2002, UDK. 537.523.5.

10 **[0031]** La aplicación de un gran flujo de calor generado por plasmatrón en forma de soplete de plasma “postluminiscente” para la desintegración de roca, entre otras finalidades, se ve entorpecida por el problema de estratificación de plasma caliente sobre el material y por tanto una transferencia de calor menos eficiente al material a desagregar. El flujo de plasma se superpone en las capas anteriores con temperaturas similares, perjudicando así la transferencia de calor intensa a la roca. Este fenómeno es fundamentalmente idéntico con independencia de que se utilice una corriente de plasma monolítica grande o varios plasmatrones más pequeños.

15 **[0032]** La utilización de un arco para calentar el material directamente, en especial para perforar roca, se patentó por primera vez por Aarts y colaboradores: Perforación con arco eléctrico, en 1933. Los inconvenientes de esta solución son que el arco eléctrico adopta la configuración de un segmento lineal y la estabilización no resuelta del arco y electrodos consumidos.

20 **[0033]** En 1949, McCulloch patentó un dispositivo para perforar roca con arco transferido y una única raíz en la roca. El inconveniente de esta solución era la imposibilidad de controlar el arco eléctrico fluctuante. No obstante, la mayor desventaja era que la mayor parte de las rocas no son conductivas y aun después de su calentamiento las rocas demuestran fluctuaciones considerables en su conductividad.

25 **[0034]** En 1948, Verte patentó un sistema con un electrodo central, siendo el otro una cubierta calentada por arco eléctrico. Este concepto fue perfeccionado por Brichkin y Bolotov, permitiendo que se deslice el electrodo central para compensar la longitud consumida del electrodo. Karlovitz patentó en 1961 un dispositivo de perforación sobre la base del plasma, es decir, un gas calentado por arco eléctrico como mediador para la transferencia de calor. Sin embargo, este dispositivo no alcanzó los parámetros necesarios y no podía perforar rocas calizas. El dispositivo demostró propiedades satisfactorias en modo de espalación.

30 **[0035]** Sistemas que aumentan los efectos del material a desagregar que pueden utilizarse en el dispositivo de acuerdo con la invención. En 1981, se patentó un sistema de perforación mediante cavitación, a su vez un sistema de desintegración de material, por Johson Virgil E. y colaboradores: Broca asistida por chorro de líquido cavitante y método de perforación de pozos profundos, que se basa en el principio mecánico de burbuja creadas por presión negativa, que al colapsar generan chorros de alta presión en el sentido de la roca a desagregar.

40 **[0036]** Ya en los años sesenta del siglo pasado se realizaron trabajos sobre el uso de plasma térmico en la desintegración de rocas. Sin embargo, ninguna de estas soluciones se ha puesto en práctica por diversos motivos. Retrospectivamente, parece que el motivo radica en la baja eficiencia en general de los procesos de transporte y transferencia de calor a la roca. El segundo problema es que operan en

un entorno atmosférico, que es la causa de inestabilidad del pozo a mayores profundidades y baja eficiencia en el transporte de rocas desintegradas a la superficie.

5 [0037] En el mismo período aproximado, se hicieron intentos por utilizar la acción indirecta del calor sobre la roca a través del cuerpo calentado - el penetrador. Se han intentado diversas formas de calentamiento, por ejemplo, calentamiento eléctrico, combustión de oxidante y combustible, e incluso se ha propuesto la utilización de un pequeño reactor nuclear.

10 [0038] Una de las primeras patentes en esta categoría, la patente estadounidense 3396806 de Benson y colaboradores: "Penetrador térmico subterráneo", describe todas las características fundamentales de dichos dispositivos, pero no se conoce ninguna verificación práctica.

15 [0039] La patente estadounidense 3693731 "Método y aparato para la construcción de túneles mediante fusión", de Armstrong y colaboradores, en laboratorios de investigación en Los Álamos, logró la verificación práctica en condiciones de laboratorio. Además del calentamiento indirecto, también utiliza la fusión de las paredes de pozos como revestimiento continuo para barrenos. La eficiencia energética en la práctica ha demostrado ser muy baja.

20 [0040] Este concepto tuvo continuación en el trabajo descrito en la patente estadounidense 5148874 "Tramo de tubo de alta presión para perforación mediante fusión continua de pozos profundos, proceso y dispositivo para su montaje, propulsión y desinstalación" de Foppe. La debilidad de este concepto radica en la solución para la eliminación de rocas fundidas mediante su inyección en las fisuras de la roca colindante, que se demostró que no era realista.

25 [0041] Una tecnología innovadora prometedora consiste en la perforación basada en una descarga de alta tensión bajo la superficie de la roca. La tecnología se originó en la Universidad de Tomsk (Federación Rusa) en los años sesenta. Este trabajo se continuó en la Universidad de Strathclyde (Reino Unido) y se completó en la patente estadounidense 7784563 "Método, máquina perforadora, broca y conjunto de fondo de pozo para la perforación mediante descarga eléctrica por impulsos de descarga eléctrica", de Rodland y colaboradores, con la participación de los autores originales de Tomsk.

30 [0042] La fuente descrita en la patente estadounidense 3467206, "Perforación por plasma", de Acheson W.P. y colaboradores, que describe los principios básicos de la perforación utilizando un soplete eléctrico único con una orientación radial.

35 [0043] La perforación a través de una llama hidrotérmica utilizando plasma químico y espalación térmica mediante la influencia de ritmos de expansión de rocas desiguales se describe en la Patente estadounidense Nº 5.771.984: "Perforación continua de pozos verticales por procesos térmicos: incluida la espalación y fusión de roca", de Potter y colaboradores

40 [0044] Estudios de Boquilla Magnética para Aplicaciones de Propulsión por Fusión: Fuente de Plasma en Gigavatios. Funcionamiento y Análisis de Boquilla Magnética, de James H. Gilland y colaboradores, financiación del Acuerdo Cooperativo Glenn de la NASA NAG 3-2601; Informe Final.

[0045] El estudio describe la creación de una boquilla magnética para una corriente de plasma con potencia en Gigavatios y velocidades supersónicas. La investigación utilizó una fuente acumulativa con

un único impulso de 1,6 MJ para generar grandes corrientes de hasta  $3,10 \times 10^5$  A. El concepto de una boquilla magnética se ha aplicado con éxito en aplicaciones aeroespaciales exigentes.

5 [0046] El trabajo: Nota Técnica de la NASA TN D-2155 Centro de Investigación Ames, Campo Moffet de la NASA “La configuración de la columna de arco eléctrico de rotación magnética en un espacio  
10 anular” de Jedlička R. James describió por primera vez una solución basada en el giro del arco eléctrico en una espiral (evolvente del círculo), utilizando electrodos cilíndricos concéntricos por cuya superficie giran las raíces del arco, entre las que se encuentra la trayectoria del arco en forma de una espiral. Esta solución forma la configuración de la fuente de calor con propiedades necesarias en cuanto a  
15 homogeneidad y cobertura superficial suficiente para la generación de flujo de calor. Este trabajo también presenta la sustitución del modelo de arco por un cuerpo cilíndrico sólido, a utilizar en la modelación mediante simulación del movimiento del arco en un entorno viscoso.

15 [0047] El movimiento de barrido de las raíces del arco en la superficie circular de los electrodos contribuye sensiblemente a alargar su vida.

[0048] El campo eléctrico entre los electrodos es un componente insignificante de las fuerzas que actúan sobre el arco comparado con las fuerzas inducidas por un campo magnético externo.

20 [0049] La patente estadounidense 5479994 “Método de perforación electrotermomecánica y dispositivo para su implantación”, de Soloviev G.N. y colaboradores, describe una tecnología en dos fases basada en el secado primario de la roca (deshidratación) bajo 750-950 K, seguida de una acción mecánica y el tercer paso de calentamiento hasta 1.800-2.300 K. No obstante, este método no se ha  
25 puesto en práctica por sus elevadas demandas energéticas. Así pues, la desventaja es la alta demanda energética.

25 [0050] La patente estadounidense 7784563 “Método, máquina perforadora, broca y conjunto de fondo de pozo para la perforación mediante descarga eléctrica por impulsos de descarga eléctrica”, de Rodland A. y colaboradores, describe una solución basada en la teoría de descarga eléctrica en el  
30 agua de los ochenta, combinada con corrientes de agua para lavar los fragmentos de roca iniciales y la posterior desintegración mecánica. La tecnología en sí misma no es de aplicación a máquinas perforadoras porque el tratamiento previo de la roca produce fragmentos de roca de dimensiones incontroladas que en consecuencia deben procesarse mecánicamente. Sin embargo, los procesos descritos no se han aplicado mediante la acción directa de un arco eléctrico a la roca.

35 [0051] Las desventajas indicadas anteriormente se eliminan con la presente patente, que es un punto de partida para el uso de arcos transferidos a gran escala con la finalidad de desintegrar materiales y realizar perforaciones en formaciones geológicas.

[0052] La utilización del plasma térmico eléctrico con la finalidad de proceder a la perforación en roca tiene dos orígenes: uno en la antigua Unión Soviética - Plazmobury. Ninguna de las patentes descritas alcanzó una eficiencia global en la transferencia de calor a la roca que pudiera aportar ventajas  
40 económicas.

[0053] La presente solución se centra principalmente en el perfeccionamiento de la eficiencia de transferencia de potencia eléctrica hasta la transferencia de energía calorífica a la roca.



Naturaleza de la Invención

5 **[0054]** Las propiedades del arco eléctrico aún no se han utilizado en la desintegración directa aérea de material en gran proximidad al arco eléctrico. La presente invención elimina las deficiencias y desventajas de los procesos descritos en los antecedentes técnicos y es la base del uso de arcos eléctricos transferidos a los efectos de realizar una perforación en formaciones geológicas.

10 **[0055]** El arco eléctrico transferido crea un flujo de calor homogéneo y actúa directamente sobre el material de forma que la acción de las fuerzas presiona al menos parte del arco eléctrico contra la superficie del material a desagregar. El arco eléctrico se produce en un descargador de chispa y se forma con la configuración deseada entre los electrodos del difusor.

15 **[0056]** La acción directa de un arco eléctrico es una acción con un medio de plasma intermediario mínimo, que permite la transferencia de calor entre el arco y el material a desagregar. El medio de plasma se contiene en el medio de trabajo que se alimenta al dispositivo para conseguir lo siguiente: enfriar el dispositivo, actuando con fuerza sobre el arco eléctrico y siendo la fuente de medio de plasma necesaria para el encendido del arco. En generadores de plasma convencionales, la energía en el arco eléctrico pasa al medio que a su vez actúa sobre el material a desagregar. La solución de acuerdo con la presente invención reside en tomar y configurar el arco y su acción directa sobre el material a desagregar. Para posibilitar dicha desintegración por arco eléctrico aéreo directo, es necesario durante todo el proceso configurar constantemente y ejercer una presión descendente sobre el arco eléctrico cerca del material y eliminar material a desagregar y gases excedentes de la zona de trabajo para permitir el contacto directo entre el arco eléctrico y el material a desagregar.

20

25 **[0057]** El arco eléctrico generado entre los electrodos en un descargador de chispa del dispositivo para generar un arco eléctrico se configura y guía por la acción de un campo magnético y fuerzas hidromecánicas de tal forma que:

- la parte sustancial del arco eléctrico actúa de forma directa y aérea sobre material a desagregar conductivo y/o no conductivo,
  - la parte sustancial del flujo de calor del arco eléctrico se dirige al material a desagregar,
  - ambas raíces de arco eléctrico se mueven sobre los electrodos del dispositivo generador.
- 30

**[0058]** Se prefiere que el arco eléctrico se forme y guíe de tal forma que se empuje una parte sustancial del arco eléctrico hacia afuera y se desplace fuera del espacio del generador.

35 **[0059]** Parte del canal conductivo del arco eléctrico se sitúa mediante configuración y guiado cerca de la superficie de material a desagregar. Esta parte del canal conductivo se encuentra en estado de desplazamiento. Se prefiere que al menos parte del arco eléctrico transferido se configure de tal forma que al menos parte del canal conductivo del arco eléctrico adopte la configuración de una espiral que gira en un espacio discoidal especificado, y pueda desplazarse en sentido axial. La configuración en espiral del canal conductivo se forma mediante la acción de fuerzas magnéticas y/o fuerzas de flujo de fluido.

40

**[0060]** Se crean fuerzas hidromecánicas mediante la interacción de medio de trabajo en expansión continua con un arco eléctrico y por su acción guían el arco eléctrico.

- 5
- [0061] Para aumentar la vida de los electrodos se prefiere que los campos magnéticos y las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre el arco eléctrico, y también la geometría de los electrodos, interactúen preferiblemente de tal forma que aumenten la superficie expuesta al calor de los electrodos sobre los que se desplazan las raíces del arco eléctrico.
- [0062] Se prefiere que el electrodo adopte la configuración del difusor, porque esta configuración aumenta la zona a través de la que fluye el medio de trabajo.
- [0063] El campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas actúan sobre el arco eléctrico de tal forma que se estabiliza parte del arco eléctrico cerca del eje del dispositivo en el entorno del cátodo.
- 10
- [0064] El campo magnético situado antes de la región en la que se estrecha el cátodo mediante curvado, respectivamente su parte axial, tiene una orientación opuesta a la parte axial del campo magnético en el difusor.
- [0065] Dicha distribución del campo magnético permite aumentar su efecto de fuerza sobre el arco eléctrico.
- 15
- [0066] La elevada intensidad del campo magnético en el descargador de chispa protege la zona del descargador de chispa al girar de forma intensa y empujar el arco eléctrico fuera del descargador de chispa y protegiéndolo de la fusión.
- 20
- [0067] Se prefiere que el campo magnético actúe sobre el arco eléctrico de tal forma que la raíz del arco sobre los electrodos se desplace en una trayectoria circular.
- [0068] Las acciones simultáneas del campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas sobre el arco eléctrico tienen que ser de tal naturaleza que la dirección de la fuerza resultante apunte hacia el material a desagregar y esta fuerza resultante presione el arco eléctrico formado, acercándolo mucho al material a desagregar.
- 25
- [0069] De igual modo, las fuerzas inducidas por la acción del campo magnético y/o electromagnético actúan sobre el arco eléctrico con un componente de presión tangencial y axial simultáneamente.
- 30
- [0070] El arco eléctrico puede desplazarse por la superficie en forma de anillo circular, siendo el eje de simetría del anillo circular idéntico al eje de simetría de todo el dispositivo.
- [0071] Puede alimentarse un impulso de potencia al arco eléctrico en modo de trabajo y trabajando en un medio gaseoso o acuoso para generar una onda de choque de presión.
- 35
- [0072] Puede inducirse la contracción del arco eléctrico antes de introducirse el impulso de potencia para amplificar la onda de choque de presión.
- [0073] Para aumentar la eficiencia del dispositivo, se prefiere que el componente de radiación del flujo de calor del arco eléctrico dirigido al dispositivo se refleje mediante por superficies reflectantes hacia el material a desagregar, es decir en el sentido en el que se transfiere el arco eléctrico.
- 40
- [0074] Después del paso de la onda de choque de presión que inicia el fenómeno electrohidráulico, se produce una reducción de la densidad del medio de trabajo en el entorno del arco eléctrico, y se

restablece posteriormente la densidad original del medio de trabajo por otra entrada del medio de trabajo.

5 **[0075]** Se prefiere que, por la acción simultánea del campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas, se establezca la parte del arco eléctrico situada próxima al cátodo de tal forma que el eje de simetría de la parte del arco eléctrico se sitúe en paralelo al eje del dispositivo, para ampliar al máximo la parte activa y en espiral del arco eléctrico.

10 **[0076]** Se prefiere que por la acción simultánea del campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas la raíz del arco próxima al ánodo resulte empujada hacia el borde exterior del ánodo, de forma que se amplíe en la medida de lo posible la parte activa del arco eléctrico.

15 **[0077]** Un arco eléctrico en forma de espiral que gira bajo la influencia del campo magnético y de las fuerzas hidrodinámicas actúa por fuerzas centrífugas sobre el material situado en el espacio entre el dispositivo y el material a desagregar, y por tanto se retira el material de esta zona. Un medio refrigerante suministrado en la superficie de los electrodos protege las partes de los electrodos expuestas al calor.

**[0078]** Se prefiere que la acción de la fuerza del propio campo magnético amplifique el efecto de la fuerza del campo magnético sobre el arco eléctrico.

20 **[0079]** Puede lograrse un aumento de la intensidad del campo magnético aumentando la velocidad de giro de la espiral del arco eléctrico, lo que aumentará las fuerzas centrífugas y la acción sobre el material dentro del espacio definido por el movimiento en espiral.

25 **[0080]** Los principales atributos del generador utilizados para generar el arco eléctrico actuando aéreamente sobre el material tratado son los siguientes:

30 1. Producir un arco eléctrico con temperaturas de varios miles de grados Celsius actúa de forma directa y aérea por el flujo de calor sobre materiales conductivos y no conductivos. Se minimiza la necesidad de la presencia de un medio de transporte del flujo de calor (como por ejemplo un soplete de plasma), porque la distancia entre el arco eléctrico y el material a desagregar es mínima. Esto aumenta la eficiencia en la transferencia de calor en el proceso de interacción con el material y se limita a una región delgada de dimensiones milimétricas. Un arco eléctrico no puede encenderse sin medio de plasma, pero un flujo de calor intenso con un caudal unitario mínimo del medio de plasma se genera minimizando la distancia entre el arco eléctrico y el material, es decir por proximidad y por la acción del arco eléctrico sobre el material a desagregar.

35 2. El movimiento del arco eléctrico se controla y se supedita

40 a. al campo magnético generado por imanes permanentes,

b. al campo magnético generado por electroimanes, que influyen en la frecuencia de choque y el impulso,

c. a la acción de fuerza del medio de plasma y trabajo en circulación.

3. El flujo de calor, generado moviendo y girando la espiral, transfiere el calor al material a desagregar por toda la superficie exterior del difusor, en la parte activa del arco eléctrico en la que se produce el proceso de desintegración. La distribución del flujo de calor es prácticamente homogénea.

5

4. Comparado con los generadores de plasma convencionales, el dispositivo de la presente invención permite el uso del fenómeno electrohidráulico, es decir para generar ondas de choque de presión en entornos gaseosos y líquidos y utilizar las fuerzas mecánicas resultantes para desagregar y transportar roca fragmentada fuera del espacio entre el arco y el material a desagregar.

10

5. La espiral giratoria de un arco eléctrico en el dispositivo de generación de un arco eléctrico actúa, además de acción térmica, también como bomba, retirando material desagregado a través de fuerzas centrífugas; y el aumento en la intensidad del campo magnético (p.ej. con impulso acumulativo) aumenta drásticamente su ritmo de retirada.

15

6. El dispositivo de generación de un arco eléctrico permite en modo de aumento de impulso del campo magnético y generación de ondas de presión utilizar la generación de impulsos de corriente de potencia con una carga/descarga de transformación en el tiempo que oscila entre 4 y 7 órdenes de magnitud (seg. / $\mu$ seg.), permitiendo por tanto aumentar la salida instantánea de potencia de impulso de desagregación o el campo electromagnético hasta MW, respectivamente incluso GW.

20

7. En el dispositivo de generación de un arco eléctrico, se realiza un barrido del arco eléctrico por la superficie de los electrodos y se desplazan las raíces por medio del campo magnético, a través del vórtice. El arco no se fija con raíz al cuerpo del dispositivo, con lo que se consigue reducir el desgaste y prolongar la vida del dispositivo. También se aumenta la vida del dispositivo dividiéndolo en partes calientes y frías empujando con rigor los procesos calientes fuera del dispositivo y fabricando las superficies de los electrodos en un material que refleja los flujos de calor radiante hacia el material a desagregar.

25

8. El sistema permite obtener características eléctricas y/u ópticas del arco eléctrico con interacción con el material a desagregar, lo que ofrece ventajas para la derivación indirecta de información sensorial (p.ej. distancia del dispositivo desde el fondo del pozo, espectroscopia telemática, etc.).

30

9. El sistema en modo de generación de arco eléctrico permite, al igual que la interacción del cuerpo giratorio en espiral y los fluidos viscosos, el bombeo por analogía y el empuje hacia el exterior del medio circulante y el material a desagregar a través de la gradiente de presión que genera el arco eléctrico. El arco eléctrico en espiral y en movimiento retira y empuja hacia el exterior el material desagregado por fuerzas centrífugas, y el aumento en la intensidad del campo magnético (p.ej. por impulso acumulativo) aumenta drásticamente el ritmo de su retirada.

35

40

**[0081]** El sistema permite utilizar las ondas de choque de presión y el bombeo que provoca la espiral giratoria del arco eléctrico para transportar las rocas desde el lugar de desintegración. Esto elimina la

retirada de rocas por medio de chorro de agua (fenómeno hidromagnético), lo que enfría y ralentiza el proceso de perforación.

5 **[0082]** La transferencia de la mayor parte de un arco eléctrico fuera del espacio del dispositivo de generación de arco eléctrico reduce sensiblemente las demandas sobre la resistencia térmica de los materiales de construcción utilizados y el espacio del dispositivo permanece a una temperatura inferior, lo que aumenta la longevidad del dispositivo.

10 **[0083]** El dispositivo de generación de un arco eléctrico contiene los siguientes elementos fundamentales: electrodos simétricos axialmente, es decir un ánodo y un cátodo, un descargador de chispa, boquillas para la circulación del medio de trabajo, una entrada y salida de medio refrigerante, una fuente de energía eléctrica, imanes de configuración anular con sección de configuración triangular y ánodo con la configuración del difusor y una amplitud angular entre 5° y 130°.

15 **[0084]** El ánodo con la configuración del difusor cumple las siguientes finalidades: la raíz del arco se desplaza de manera uniforme por la cara interna del ánodo asegurando así una carga térmica uniforme sobre la parte significativa del electrodo. Los radios de la curvatura de los electrodos no son inferiores a 2 mm con el fin de mantener la geometría correcta de líneas de fuerza de campo eléctrico y limitar la amplificación del campo eléctrico local. La configuración del ánodo también permite una interacción efectiva de la columna del arco con la circulación del medio fluido. La superficie del electrodo también refleja el flujo de calor radiante dirigido al dispositivo de vuelta a la zona con material a desagregar.

20

**[0085]** El cátodo puede por ejemplo tener una configuración troncocónica. Este electrodo se utiliza para la descarga del arco. La configuración distintiva del electrodo asegura la estabilización de la descarga de la raíz del arco de tal forma que se crea una presión negativa en proximidad del flujo del electrodo, lo que estabiliza la raíz del arco en la zona de presión reducida.

25

**[0086]** Los imanes de configuración anular con sección triangular aseguran con su configuración distintiva la presencia del campo magnético necesario para girar las raíces de descarga del arco y al mismo tiempo crear movimiento en sentido axial.

30 **[0087]** Las boquillas para la circulación de medio de trabajo cumplen dos funciones principales: la interacción del flujo de medio de trabajo con el arco intensifica los efectos de movimiento que genera el campo magnético actuando sobre la descarga del arco (un aumento en la velocidad de giro y más movimiento intenso en sentido axial). Suministran la cantidad necesaria de medio de plasma al canal del arco.

35 **[0088]** Se utiliza un descargador de chispa para inicializar la descarga eléctrica y se posiciona según lo mostrado en las Fig. 1, 2. Inmediatamente después de su formación, la descarga eléctrica es empujada hacia afuera por el flujo de fluido contra la acción del campo magnético local hasta la zona de trabajo del dispositivo. El descargador de chispa sirve también como boquilla para la entrada del medio de plasma.

40 **[0089]** El límite del difusor lo marca el propio ánodo y la roca tratada, a la que se aproxima al menos una parte del arco eléctrico. La función principal del difusor es homogeneizar el campo de temperatura en el límite entre el dispositivo y la roca tratada.

**[0090]** El dispositivo de generación de un arco eléctrico contiene además electroimanes concebidos para crear un componente variable en el tiempo del campo magnético.

5 **[0091]** Asimismo, el dispositivo puede contener elementos funcionales de protección de las partes expuestas del cuerpo del generador, especialmente los electrodos, frente a una sobrecarga térmica. La superficie de los electrodos se realiza en cerámica porosa que, con el suministro de refrigerante, realiza la función protectora creando una película protectora de agua sobre la superficie de los electrodos. La superficie de los electrodos también tiene características en cuanto a configuración y diseño que crean superficies reflectantes de los electrodos que reflejan y dirigen el flujo de calor hacia el material a desagregar. Se prefiere que al menos una parte del ánodo y/o cátodo esté cubierta por una capa de material reflectante. Debido a la resistencia térmica y la conductividad térmica dirigida al enfriar los electrodos, los electrodos se realizan en materiales compuestos (Cu-W, etc.), lo que ofrece ventajas en cuanto a su vida útil.

10 **[0092]** Las ventajas principales de la presente invención frente a los antecedentes técnicos son las siguientes: la concentración efectiva del flujo de calor y su acción aérea directa hacia la roca. En las zonas de desintegración intensa, los flujos de calor se dirigen hacia la roca. Esto permite obtener un proceso de calor de alta eficiencia, en el que con un aumento de la presión también aumenta la conductividad térmica, y con ello aumenta el flujo de calor hacia la roca.

15 Descripción General de las Figuras en los Dibujos

**[0093]** La naturaleza de la invención se ilustra adicionalmente con ejemplos de su realización que se describen sobre la base de los dibujos unidos, en los que se muestra lo siguiente:

- la Fig. 1 muestra una vista en sección del dispositivo de generación de un arco eléctrico,
- 25 - la Fig. 2 muestra una vista en sección del dispositivo de generación de un arco eléctrico con una combinación de imanes y electroimanes,
- la Fig. 3 muestra una vista frontal del dispositivo de generación de un arco eléctrico.

30 Ejemplos de Realizaciones de la Invención

Ejemplo 1

**[0094]** Se muestra un ejemplo de realización en la Fig. 1. La descarga eléctrica se inicia en el descargador de chispa 7, con la tensión de arranque en la fuente de alimentación 14 que oscila entre 0 y 10 kV. Se sitúa un descargador de chispa 7 de forma que a través del medio de trabajo 13 pueden superarse las fuerzas magnéticas y empujarse la descarga 1, 2 hacia el interior de la cámara del difusor del dispositivo. El arco eléctrico 1, 2: consistente en la parte activa en espiral 1 y una parte axial 2, se estabiliza en el difusor del dispositivo por dos fuerzas dominantes. La fuerza de Lorentz, debido a la presencia del campo magnético generado por los imanes permanentes 9, 11. El tamaño y la dirección del campo magnético generado por imanes permanentes provocan el movimiento del arco en sentido tangencial, y a la vez estabilizan las raíces del arco eléctrico 3 en el borde del ánodo 4 así como el cátodo 6. La fuerza inducida por la circulación de fluido 13 amplifica el movimiento tangencial inducido por la fuerza de Lorentz, pero fundamentalmente provoca el movimiento del arco eléctrico 1, 2 en sentido axial. La geometría del cátodo 6 se concibe de tal forma que la circulación de fluido 13

consistente en el medio de trabajo provoca una reducción de presión en el borde del cátodo 6, con lo que al igual que el campo magnético, estabiliza la raíz 3 del arco eléctrico 1, 2, que por tanto realiza un movimiento circular en el borde del cátodo 6. La parte axial del arco eléctrico 2 se estabiliza en proximidad del eje del dispositivo en el entorno del cátodo 6. La geometría del ánodo 4 permite que el medio en circulación alcance velocidades relativamente altas en proximidad de la superficie 10 del ánodo 4. Por interacción del medio en circulación y el arco eléctrico 1 se empuja la descarga del arco hasta el borde del ánodo 4 hacia el material tratado 15. La raíz 3 del arco eléctrico realiza un movimiento circular por la parte extendida del ánodo 4.

**[0095]** El arco eléctrico 1 estabilizado, en forma de espiral, gira muy cerca del material a desagregar 15. Sin embargo, las transferencias de calor del arco eléctrico a los componentes del dispositivo se producen debido a distancias sensiblemente mayores, menores en el orden de magnitud, que las transferencias del calor al material a desagregar. La espiral 1 del arco trabaja al mismo tiempo como bomba centrífuga y retira los fragmentos evaporados y fusionados de la roca desagregada en sentido radial fuera de la zona de trabajo del dispositivo. Se enfría todo el dispositivo con una estructura estratificada del ánodo 4 y el cátodo 6 y la camisa del dispositivo con suministro paralelo de medios refrigerantes 12. El medio de plasma 13 se suministra centralizadamente al descargador de chispa 7 utilizando boquillas 5.

#### Ejemplo 2

**[0096]** Se muestra este ejemplo de realización en la Fig. 2. Se inicia una descarga eléctrica en un descargador de chispa 7, con la tensión de arranque en la fuente de alimentación 14 que oscila entre 0 y 10 kV. El descargador de chispa 7 se posiciona de forma que a través del medio de trabajo 13 pueden superarse las fuerzas magnéticas y empujarse el arco eléctrico 1, 2 al interior de la cámara del difusor del dispositivo. Ambas partes del arco eléctrico 1, 2 se estabilizan en el difusor del dispositivo por dos fuerzas dominantes. La fuerza de Lorentz, inducida por la presencia de un campo magnético generado por imanes permanentes 9, 11 y electroimanes 16, 17. El tamaño y la dirección del campo magnético generado por los imanes permanentes provocan el movimiento del arco en sentido tangencial, a la vez que estabilizan las raíces del arco eléctrico 3 en el borde del ánodo 4 así como el cátodo 6. La fuerza inducida por la circulación de fluido 13 amplifica el movimiento tangencial inducido por la fuerza de Lorentz, pero fundamentalmente desplaza el arco eléctrico 2 en sentido axial. La geometría del cátodo 6 se concibe de tal forma que la circulación de fluido del medio de trabajo 13 provoca una reducción de presión en el borde del cátodo 6, con lo que, al igual que el campo magnético, estabiliza la raíz del arco eléctrico 3, que por tanto realiza un movimiento circular en el borde de cátodo 6. La geometría del ánodo 4 permite que el medio en circulación alcance velocidades relativamente altas en proximidad de la superficie 10 del ánodo 4. Por interacción entre el medio en circulación y el canal conductivo se empuja el arco eléctrico 1 hasta el borde del ánodo 4 hacia el material tratado 15. La raíz del arco eléctrico 3 realiza un movimiento circular por la parte ensanchada del ánodo 4.

**[0097]** El arco 1, 2 puede desplazarse en sentido axial por acción del campo magnético generado por electroimanes 16, 17. Los componentes del campo magnético generado por electroimanes 16, 17 no son constantes en el tiempo y los impulsos de potencias alimentados permiten cambios relativamente rápidos en cuanto a dirección y tamaño de la intensidad total del campo magnético. Los cambios descritos en el campo magnético provocan cambios rápidos en el movimiento del arco eléctrico 2 y

por tanto contribuyen a la formación de una onda de choque de presión a través del fenómeno electrohidráulico y contribuyen así al proceso de desintegración y retirada de roca desagregada fuera del espacio del dispositivo. Para potenciar la acción, se lleva a contracción el arco eléctrico previamente a la introducción de un impulso de potencia. El paso de la onda de choque de presión iniciada por el fenómeno electrohidráulico provoca en el entorno del arco eléctrico una reducción en la densidad del medio de trabajo, pero seguidamente se renueva su presencia con la densidad original mediante la alimentación del nuevo medio de trabajo 13.

**[0098]** El arco eléctrico 1 estabilizado, en forma de espiral, gira muy cerca del material a desagregar 15. Sin embargo, las transferencias de calor del arco eléctrico a los componentes del dispositivo se producen debido a distancias sensiblemente mayores, menores en el orden de magnitud, que las transferencias del calor al material a desagregar. La espiral 1 del arco trabaja al mismo tiempo como bomba centrífuga y retira los fragmentos evaporados y fusionados de la roca desagregada en sentido radial desde la zona de trabajo del dispositivo. Se enfría todo el dispositivo con una estructura estratificada con fuente de alimentación 12 paralela. El medio de plasma 13 se suministra centralizadamente utilizando boquillas 5.

**[0099]** Ambos electrodos del generador: el ánodo 4 y el cátodo 6 se realizan en cerámica porosa que cumple una función protectora mediante el suministro de refrigerante y la creación de una película de agua sobre la superficie de los electrodos 8. La superficie de los electrodos también contiene características en cuanto a configuración y diseño que crean superficies reflectantes que reflejan y dirigen el flujo de calor hacia el material a desagregar 15. El ánodo 4 y el cátodo 6 se encuentran en los bordes en los que se desplaza y estabiliza la raíz 3 del arco eléctrico 1, 2, y los electrodos se realizan en un compuesto de Cu-W para una mejor resistencia térmica y conductividad térmica dirigida durante su enfriamiento, lo que ayuda a prolongar su vida.

**Relación de Signos de Referencia:**

**[0100]**

1. Parte activa en espiral del arco eléctrico
2. Parte axial del arco eléctrico
3. Raíces del arco eléctrico
4. Ánodo / su parte compuesta realizada con la línea discontinua /
5. Boquillas para el medio de trabajo
6. Cátodo
7. Descargador de chispa y canal de entrada del medio de trabajo
8. Superficie protectora y reflectante del electrodo
9. Imán permanente del ánodo
10. Pared de distribución interior del ánodo



11. Imán del cátodo

12. Entradas y salidas de refrigerante

13. Medio de plasma /vapor de trabajo

5 14. Fuente de alimentación para un dispositivo de generación de un arco eléctrico

15. Material a desagregar/ material tratado

16. Electroimán del ánodo

10 17. Electroimán del cátodo

18. Compuesto (Cu-W)

15

20

25

30

35

40

**Reivindicaciones**

- 5  
10
1. Método de generación de un arco eléctrico con acciones térmicas y mecánicas sobre el material, cuyo arco se forma entre dos electrodos (4, 6) que forman un conjunto de electrodos simétricos axialmente, en donde el ánodo (4) se configura en forma de un difusor con un ángulo que se extiende entre 5° y 130°, y el arco se genera en un descargador de chispa (7) en la parte estrecha del difusor, en donde el arco eléctrico se configura y guía por la acción de un campo magnético, compuesto por un campo magnético externo generado por imanes en forma de anillo cuya sección tiene una configuración triangular, y por el campo eléctrico del propio arco, y fuerzas hidromecánicas creadas por la interacción de un medio de trabajo en expansión continua con el arco eléctrico,
- de tal forma que:
- 15
- la parte sustancial del arco eléctrico actúa de forma directa y aérea sobre los materiales conductivos y/o no conductivos a desagregar,
  - la parte sustancial del flujo de calor del arco eléctrico se dirige al material a desagregar,
  - al menos parte del arco eléctrico se forma con la configuración de una espiral,
- 20
- en donde ambas raíces (3) del arco eléctrico son desplazadas sobre las superficies de dichos electrodos (4, 6).
- 25
2. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1 **que se caracteriza porque** el arco eléctrico se configura y guía asimismo de tal forma que mediante la interacción del campo magnético y de las fuerzas hidromecánicas se desplaza una parte sustancial del arco eléctrico, dirigida y empujada fuera del espacio del conjunto de electrodos hacia el material a desagregar.
- 30
3. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 **que se caracteriza porque** el conjunto de electrodos adopta la configuración de un difusor de forma que facilita el aumento de una zona por la que circula el medio de trabajo y dicho conjunto de electrodos interactúa con el campo magnético y las fuerzas hidromecánicas y por tanto se aumenta la superficie expuesta al calor de los electrodos sobre las que se desplazan las raíces del arco eléctrico.
- 35
4. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 **que se caracteriza porque** el campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas se fijan por sus parámetros característicos de tal forma que por su acción sobre el arco eléctrico, se estabiliza una parte del arco eléctrico cerca del eje del dispositivo en el entorno del cátodo y otra parte del arco eléctrico se sitúa en paralelo al eje del dispositivo, para ampliar al máximo la parte activa y en espiral del arco eléctrico sobre la superficie a desagregar.
- 40
5. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **que se caracteriza porque** se configura el reparto del campo magnético y su orientación para aumentar el efecto de la acción de fuerza sobre el arco eléctrico en la parte estrecha del electrodo al situar el campo magnético antes de la región en la que se estrecha el cátodo al curvar o dar a la

parte axial del campo magnético una orientación opuesta a una orientación de la parte axial del campo magnético en el difusor.

- 5
6. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 **que se caracteriza por** el aumento del nivel de intensidad del campo magnético que interactúa con fuerzas hidrodinámicas de manera que se genera una acción de fuerza intensiva en el descargador de chispa (7) y con ello se gira y empuja el arco eléctrico fuera del descargador de chispa (7) y por tanto el descargador de chispa (7) queda protegido contra la fusión.
- 10
7. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 **que se caracteriza porque** el campo magnético actúa sobre el arco eléctrico de tal forma que la raíz del arco sobre los electrodos se desplaza en una trayectoria circular.
- 15
8. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 **que se caracteriza porque** parte del arco eléctrico en forma de espiral gira dentro de un espacio discoidal y puede desplazarse en sentido axial.
- 20
9. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 **que se caracteriza porque** el arco eléctrico se desplaza a lo largo de la superficie en forma de anillo circular, en donde el eje de simetría del anillo circular es idéntico al eje de simetría del conjunto de electrodos.
- 25
10. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 **que se caracteriza porque** se alimenta un impulso de potencia en el arco eléctrico en modo operativo trabajando en un medio gaseoso o acuoso para generar una onda de choque de presión, en donde se induce la contracción del arco eléctrico preferentemente antes de la introducción de dicho impulso de potencia.
- 30
11. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 **que se caracteriza porque** después del paso de la onda de choque de presión iniciada por el fenómeno electrohidráulico, con lo que se produce una reducción en la densidad del medio de trabajo en el entorno del arco eléctrico, se restablece posteriormente la densidad original del medio de trabajo por otra entrada del medio de trabajo.
- 35
12. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 **que se caracteriza porque** el componente de radiación del flujo de calor del arco eléctrico dirigido hacia el interior del conjunto de electrodos se refleja desde las superficies reflectantes del conjunto con un grado elevado de reflexión y resistencia al calor y con ello se aumenta el flujo de energía hacia el material a desagregar en el sentido en el que se transfiere el arco eléctrico.
- 40
13. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 **que se caracteriza porque**, por la acción simultánea del campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas, la raíz del arco próxima al electrodo anódico resulta empujada hacia el borde exterior del ánodo, de forma que se amplíe en la medida de lo posible la parte activa del arco eléctrico.
14. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 **que se caracteriza porque** el arco eléctrico en forma de espiral que gira bajo la influencia del

campo magnético y las fuerzas hidrodinámicas actúa por fuerzas centrífugas sobre el material situado en el espacio entre el conjunto de electrodos y el material a desagregar, y por tanto se elimina el material de esta zona.

- 5
15. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 **que se caracteriza porque** un medio refrigerante suministrado en la superficie de los electrodos protege las partes de los electrodos expuestas al calor.
- 10
16. Método de generación de un arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 **que se caracteriza porque** la velocidad de giro de la espiral del arco eléctrico aumenta al aumentar la intensidad del campo magnético, y por tanto aumentan las fuerzas centrífugas y la acción sobre el material dentro del espacio definido por el movimiento en espiral, situando un imán en la zona del electrodo del cátodo.
- 15
17. Dispositivo de generación de un arco eléctrico con acciones térmicas y mecánicas sobre un material, cuyo dispositivo contiene un conjunto de electrodos simétricos axialmente, es decir, un ánodo (4) y un cátodo (6), boquillas (5) para la circulación del medio de trabajo, una entrada y salida de medio refrigerante (12), y una fuente de alimentación eléctrica (14) **que se caracteriza porque** el electrodo anódico (4) se configura en forma de un difusor con un ángulo que se extiende entre 5° y 130°, y el dispositivo contiene además un descargador de chispa (7) en la parte estrecha del difusor, e imanes de configuración anular (9) cuya sección tiene una configuración triangular.
- 20
18. El dispositivo de generación del arco eléctrico de acuerdo con la reivindicación 17 **que se caracteriza porque** además contiene imanes permanentes (11), en donde los imanes (9) y los imanes permanentes (11) se sitúan dentro del conjunto de electrodos (4, 6).
- 25
19. El dispositivo de generación del arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 y 18 **que se caracteriza porque** además contiene electroimanes (16, 17) concebidos para crear un componente variable en el tiempo del campo magnético.
- 30
20. El dispositivo de generación del arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19 **que se caracteriza porque** al menos una parte de una superficie interna (8) del ánodo (4) y/o el cátodo (6) está cubierta por una capa de material reflectante.
- 35
21. El dispositivo de generación del arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20 **que se caracteriza porque** partes de los electrodos (4, 6) se realizan en materiales compuestos, por ejemplo, Cu-W, y las partes expuestas térmicamente (8) de los electrodos (4, 6) se realizan en cerámica porosa.

40

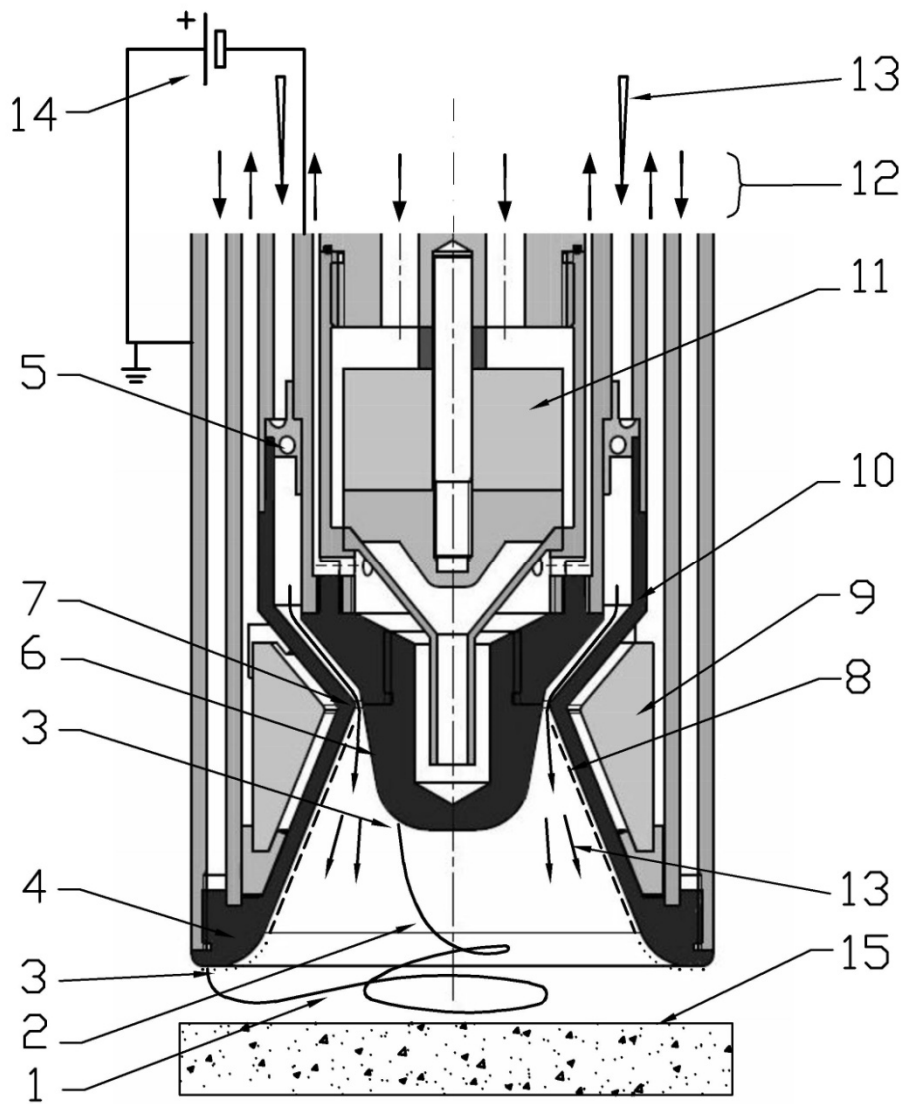


Fig. 1

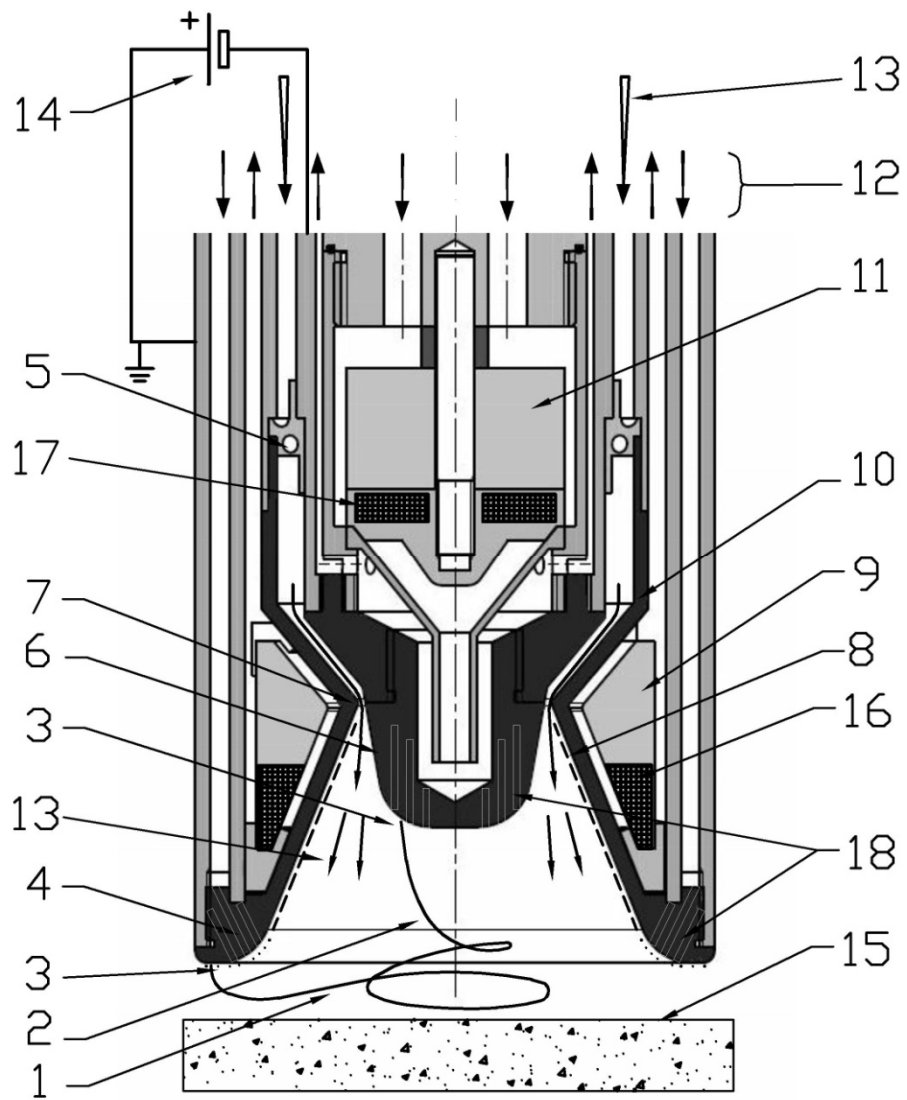


Fig. 2

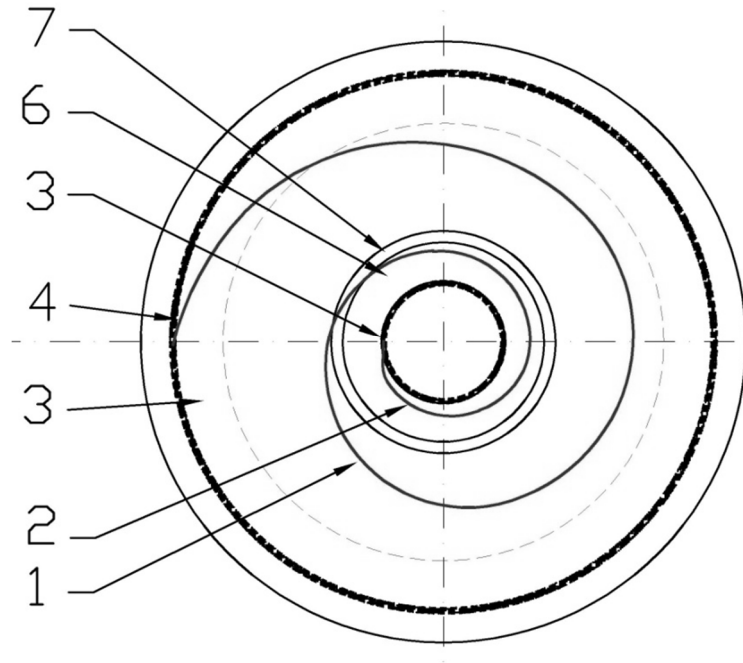


Fig. 3