

227 332

227332

227332

P - 14.320

Nº 62.876

Case U.S. Nº 418.408



1956

MEMORIA DESCRIPTIVA  
 para solicitar  
**P A T E N T E D E I N V E N C I O N**  
 en  
**E S P A Ñ A**  
 por VEINTE años

a nombre de THE METHOD X COMPANY, entidad norteamericana,  
 establecida en 3113 Forbes Street, Pittsburgh, Pensilva-  
 nia, Estados Unidos de América, por:

"UN APARATO Y UN METODO PARA LA EROSION ELECTRICA  
 DE UNA PIEZA DE TRABAJO".

- o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o -

Este invento se refiere a aparatos para  
 desalojar eléctricamente partículas de una pieza de tra-  
 bajo conductivo, por medio de una serie de descargas de  
 chispa, cortas, espaciadas en tiempo, a través de una  
 brecha de descarga de chispa llena de dieléctrico, defi-  
 nida entre la pieza de trabajo y un electrodo herramienta,  
 siendo a veces denominada la técnica para así quitar ma-  
 teriales "erosión por chispa" ó "mecanización por chispa".

El presente invento provee aparatos para



227332

la erosión eléctricamente de una pieza de trabajo, incluyendo los aparatos medios para soportar la pieza de trabajo, un electrodo, medios para soportar y mover controlablemente el electrodo hacia la pieza de trabajo para  
5 mantener una brecha predeterminada entre ambos, un condensador, un circuito de carga que conecta el condensador a un suministro de corriente, un circuito de descarga que conecta el condensador a la pieza de trabajo y al electrodo, y un conductor de baja inductancia conectado en serie  
10 en el circuito de descarga y que tiene una forma que lo adapta, en presencia de corriente, para reducir la inductancia del circuito de descarga, con lo que el pico de corriente de descarga se aumenta grandemente y se reduce grandemente su duración.

15 El presente invento también provee un método de trabajar en una máquina una pieza de trabajo, desplazando eléctricamente partículas de la misma, comprendiendo el método las operaciones de sujetar la pieza de trabajo, llevar un electrodo herramienta a relación espaciada con la pieza de trabajo a fin de definir una brecha de  
20 chispa entre ambas, mantener la brecha de chispa llena de fluido dieléctrico, aplicar por medio de un circuito eléctrico una serie de descargas de chispa eléctrica espaciadas en tiempo a través de la brecha de chispa entre la  
25 herramienta y la pieza de trabajo, y controlar la corriente de pico y la duración de cada una de tales descargas de chispa controlando la inductancia inherente del circui-



227332

to que aplica la descarga.

La erosión o mecanización por medio de chispas ha encontrado utilidad particular para mecanizar materiales extremadamente duros tal como carburos de tungsteno y otros, aleaciones de acero duras y similares. Ha demostrado ser mucho más rápido que los métodos convencionales de trabajar en máquinas utilizando diamantes o polvo de diamante y ha hecho posible operaciones de máquina que de otro modo no podían efectuarse.

Si bien chispas de corriente más alta a un ritmo de repetición mayor se desean para el corte rápido, también se desea que el coste y conservación de los aparatos no se aumente indebidamente. Un inconveniente para conseguir esto es el hecho de que las características físicas de los circuitos de descarga de chispa presentan una reactancia tan sustancial a los cambios de corriente rápidos requeridos, que evitan la utilización efectiva de la energía de trabajar en máquina por medio de chispas de otro modo disponible.

Es por lo tanto un fin de este invento el proveer un aparato de mecanización por medio de chispas.

Otro fin del invento es proveer un aparato de trabajar en máquina por medio de chispas relativamente sencillo y barato capaz de mayor velocidad.

Otro fin del invento es proveer un circuito de descarga de chispa para utilizar más eficazmen-



227332

te la energía eléctrica disponible del medio de energía de chispas.

Aún otro fin del invento es proveer una disposición física del circuito de descarga de chispa para mejorar sus características eléctricas.

Los fines del invento expuestos así en forma general, junto con otros fines y ventajas adicionales, se consiguen por la construcción y disposición mostrada a modo de ejemplo en los adjuntos dibujos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de circuito del circuito de carga y descarga para utilización en un aparato típico que incluye el invento.

La figura 2 es una sección de la brecha de chispa definida por la pieza de trabajo y el electrodo herramienta en una operación de trabajo en máquina por medio de chispa.

La figura 3 es una vista lateral que muestra la disposición mecánica de aparatos que utilizan adecuadamente el circuito de descarga de la figura 1 e incluyen la disposición física del circuito del tanque de trabajo.

La figura 4 es una representación simplificada de un tanque de trabajo modificado y circuito de tanque de trabajo.

La figura 5 es una representación simplificada de otro tanque de trabajo modificado y circuito de



227332

tanque de trabajo.

La figura 6 es una representación de un circuito de descarga y aparatos incluidos en el invento y que particularmente muestran un circuito cerrado acoplado para reducir al mínimo la inductancia.

La figura 7 es un diagrama esquemático que muestra una modificación del circuito cerrado acoplado de la figura 6.

La figura 8 es un diagrama esquemático que muestra otra modificación del circuito cerrado acoplado de la figura 6.

La figura 9 es una vista de un tanque de trabajo junto con un circuito cerrado acoplado y un circuito de condensador de baja inductancia.

La figura 10 es una vista de una disposición de tanque de trabajo similar a la de la figura 9 pero con una estructura modificada de circuito cerrado acoplado.

Si bien el invento es susceptible de varias modificaciones y construcciones alternativas, se muestra en los dibujos y se describirán en detalle determinadas formas preferidas, pero ha de quedar entendido que con ello no se intenta cubrir todas las modificaciones, equivalencias y construcciones alternativas que quedan dentro del espíritu y alcance del invento, según se indica en las adjuntas reivindicaciones.

Haciendo primero referencia a la organiza-



227332

ción general de aparatos para trabajar en máquina por medio de chispas, puede verse por el diagrama de circuito de la figura 1 que un aparato tal en versión simplificada comprende un suministro de potencial de corriente continua 1, que incluye un rectificador de onda completa y filtro, 5 conectado a través de un circuito de carga 2 a un circuito de almacenaje capacitativo indicado para fines de ilustración como un solo condensador 3. Estos representan los componentes básicos del circuito de carga. Un circuito de descarga se provee por la cooperación del condensador 3 con 10 una brecha de chispa 4 conectada entre los terminales del condensador de almacenaje 3, estando la brecha de chispa definida entre una superficie de una pieza de trabajo 5 y la superficie o superficies de enfrente, de una herramienta 15 electrodo para trabajar por medio de chispas. El electrodo está provisto de movimiento controlado de translación o rotatorio o ambos, con respecto a la pieza de trabajo por medio de un sistema de alimentación de electrodo representado esquemáticamente en 7. La brecha de chispa está conectada al condensador 3 de tal modo que la pieza de trabajo 5 20 es el ánodo o electrodo positivo y la herramienta es el cátodo o electrodo negativo, del circuito de descarga.

El circuito está diseñado para almacenar repetidamente y descargar energía para producir una serie de descargas de chispa espaciadas en tiempo cortas, y de 25 alta corriente a través de la brecha. Cada descarga en el sistema de almacenaje capacitativo ocurre cuando está car-



227332

gado a aquel potencial que produce ruptura disruptiva del medio entre la herramienta y la pieza de trabajo separadas. La ionización del medio fluido en la brecha de chispa entre la herramienta electrodo y la pieza de trabajo, idealmente se mantiene solamente durante los pocos microsegundos requeridos para descargar la energía almacenada al punto en que el potencial en la brecha de chispa es insuficiente para mantener el circuito de corriente de chispa ionizado. El sistema de almacenaje capacitativo subsiguientemente, vuelve a cargarse a un potencial de descarga a través de la impedancia del circuito de carga 2, lo que carga el condensador 3 a un ritmo más lento que el ritmo de descarga rápido deseado. Se descarga una serie de chispas cortas espaciadas en tiempo.

Una brecha de chispa típica definida entre una pieza de trabajo conductiva, que puede ser carburo de tungsteno, y un electrodo herramienta, preferiblemente hecho de latón, en una operación de taladro por chispa se muestra en la figura 2. Es importante que la brecha de la chispa esté llena con un líquido dieléctrico 8 tal como nafta, a través del cual un circuito de corriente ionizado se mantiene brevemente durante la ruptura disruptiva al ocurrir la chispa.

De acuerdo con el presente invento la disposición mecánica del aparato de trabajar a máquina por medio de chispas, junto con una disposición física preferida de los componentes del circuito de descarga en un tan-



227332

que de trabajo se indica en la figura 3.

El bastidor de la máquina es adecuadamente algo similar a una taladradora, teniendo una base pedestal 21 y una columna de soporte vertical 22 con un brazo de soporte o plataforma desplazable verticalmente sobre la misma 23 en la que se monta el mecanismo de transferencia de energía del sistema de alimentación 7. Un electrodo 6 sustentado desde el extremo del brazo radial 23 se eleva o baja con respecto a la pieza de trabajo 5 situada debajo para una operación de trabajar a máquina por medio de chispas análoga al pulido. Un tanque de trabajo 29 montado en el pedestal base 21 debajo del eje vertical 24 se utiliza para mantener la pieza de trabajo en un baño de nafta u otro dieléctrico líquido según se requiera para la operación de trabajar en máquina por medio de chispas.

Considerando ahora el circuito de descarga, esto es, el circuito del condensador 3 y la brecha de chispa 4, se ha encontrado que su inductancias un factor limitador en dos aspectos. Uno es que el pico de corriente de la chispa es limitado toda vez que hay reactancia inductiva a los cambios de corriente rápidos. El otro es que se causa oscilación de la corriente de la chispa. Esto es inconveniente pues el flujo unidireccional de electrones a través de la brecha hacia la pieza de trabajo anódica, es lo que se busca y la oscilación demora la desionización de la brecha y la recarga del condensador. De acuerdo con



227332

el invento se ha encontrado que la eliminación de los componentes de inductancia aglomerados es insuficiente y la inductancia inherente del circuito de descarga debe reducirse todo lo posible. Así, reduciendo la inductancia normal  
5 de los conductores de descarga, se aumenta la frecuencia de respuesta transitoria o resonante y se aumenta la amortiguación. Si bien los valores de inductancia son muy pequeños, su reducción es importante tanto en aumentar la relación de corriente con respecto al tiempo en el primer  
10 medio ciclo de la corriente de chispa y el ritmo de repetición de la descarga.

De acuerdo con un aspecto del invento como se muestra en la figura 3, el tanque de trabajo 29 sirve como parte de un circuito de descarga de baja inductancia  
15 para el condensador 3. En consecuencia, el tanque de trabajo se hace preferiblemente de material conductor, tal como cobre o de acero con un forro interior de cobre. En el ejemplo ilustrado, la pieza de trabajo 5 se coloca sobre una placa base 34 adecuadamente hecha de cobre y sustentada aisladamente con respecto al fondo del tanque por  
20 medio de patas soporte aislante 35. La pieza de trabajo está también separada aisladamente de las paredes del tanque, pero el diámetro del tanque es lo bastante pequeño para que las paredes queden relativamente próximas a los  
25 componentes de circuito de la brecha de chispa. Mordazas o sujetadores 36 de naturaleza y tamaño adecuados se proveen para fijar la pieza de trabajo 5 sobre la placa base



227332

34 y en buen contacto conductor con la misma. El condensador 3 puede adecuadamente adoptar la forma de un condensador de alto potencial lleno de aceite, con una cubierta de metal que sirve como uno de los electrodos y un cojinete aislante en el extremo superior de la cubierta a través del cual una varilla terminal vertical 37 está sustentada herméticamente. Con este tipo de construcción de condensador, el condensador se coloca debajo de la pieza de trabajo en conexión conductiva con el tanque de trabajo por contacto de la parte inferior de su caja con la superficie del fondo interior del tanque, pero pueden emplearse otros tipos de condensadores y conectarse en posición. El condensador preferiblemente se atornilla en posición para evitar la posibilidad de un contacto de arco, por tornillos a través de las patillas de la caja del fondo del condensador 38. Una tira conductora flexible 39 adecuadamente hecha de cable de cobre, se conecta entre el terminal vertical 37 y la superficie inferior de la base de la pieza de trabajo 34 a fin de colocar efectivamente el terminal del condensador en relación conductiva con la pieza de trabajo misma 5.

Si bien pueden emplearse unidades de condensador de diferentes valores o sustituirse como se desee, según sea conveniente, un número de unidades de condensador puede situarse en el tanque de trabajo y conectarse en serie o en paralelo entre el tanque y la pieza de trabajo para proveer las capacitancias deseadas o potencia-



227332

les.

La conexión del otro terminal del condensador 3 al electrodo herramienta 6, se provee por lo menos por un conductor flexible 40 entre la parte superior del tanque de trabajo y el portaherramientas electrodo conductor. En la construcción que se muestra, un número de tales tiras conductoras flexibles están conectadas desde un collar 41 sustentado conductivamente en el porteherramientas electrodo hacia regiones espaciadas uniformemente en la pestaña 42 de fijación en el borde del tanque de trabajo. Las tiras flexibles cierran efectivamente la parte superior del tanque para definir una conexión de línea de transmisión esencialmente coaxial con un incremento de impedancia muy bajo, entre el condensador, la pieza de trabajo y el electrodo herramienta a través del tanque mismo. Utilizando así el tanque de trabajo como el conductor exterior en el circuito de descarga y eliminando todos los conductores de descarga fuera del tanque de trabajo, la inductancia del circuito de descarga se reduce a una fracción de lo que sería si el receptáculo 24 o su equivalente se omitiese. El campo magnético queda confinado entre los conductores interior y exterior así definidos y por lo tanto se evita el acoplamiento fuerte. Este efecto de pantalla también reduce al mínimo las oportunidades de aumento de inductancia debido a materiales magnéticos en la proximidad del circuito de descarga. El tanque, o por lo menos su superficie interior, es no mag-

23



# 227332

nético y el acoplamiento magnético al tanque también se reduce al mínimo. Si bien el tanque de trabajo puede ser de diferentes configuraciones, la reducción de inductancia asociada con líneas coaxiales sustancialmente se re-  
5 tiene toda vez que el conductor exterior o tanque de trabajo con corriente en una dirección circunda al conductor interior o brecha de chispa y circuito asociado con corriente en la otra dirección. La forma de condensador o de cualquier suministro de corriente de descarga, no es crítica con tal  
10 de que pueda acoplarse en el circuito cerrado.

Si bien las ventajas de cortas longitudes de conexiones y en este grado, inductancia más baja, permitidas por la utilización del tanque de trabajo como uno de los conductores son retenidas utilizando, por ejemplo, solo  
15 una tira conductora 40 entre el portaherramientas electrodo y la parte superior del tanque, el pantalleado electromagnético y la reducción de inductancia debido al confinamiento del campo magnético en el tanque de trabajo, parcialmente se presupone. En consecuencia, es preferible que un número  
20 de conductores 40 se utilicen de modo que en efecto se cubra el tanque en lo referente a pantalleado. El efecto de pantalla no queda afectado sustancialmente por la elevación o descenso de la herramienta electrodo habiendo suficiente comba prevista en las tiras flexibles para acomodar el grado de movimiento deseado. Si la herramienta electrodo ha de recibir también un movimiento giratorio como  
25 puede ser conveniente para tales operaciones de trabajo en



23  
227332

máquinas como corte de roscas, el collar 41 al que están conectados los extremos superiores de las tiras 40, se hace preferiblemente giratorio en el eje 24, sobre el que está sustentado el electrodo herramienta 6.

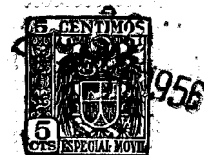
5                   Las conexiones de circuito de carga están adecuadamente provistas para el condensador 3 en el tanque de trabajo 29. Como se muestra el conductor negativo o de tierra puede estar conectado a una patilla 43 fijada conductivamente por medio de un tornillo o por soldadura al

10 tanque de trabajo 29 y un conductor positivo 44 está fijado herméticamente aisladamente a través de la pared del tanque de trabajo en 45 al terminal 37 que comprende el electrodo positivo del condensador aislado de la caja del condensador y del tanque de trabajo. Estas conexiones, na-

15 turalmente, están sometidas o pueden tener una inductancia apreciable según su longitud y disposición. Un chasis o caja (no se muestra) que contiene los elementos del circuito de carga, está preferiblemente situado en la columna de la máquina o colocado cerca. Ha de quedar entendido que

20 como la inductancia en el circuito de carga determinado 2 descrito se necesita el valor del inductor puede elegirse con el valor de la inductancia provista por las conexiones que se consideran, de modo que la inductancia total no exceda del valor deseado. Sin embargo, como buena práctica

25 es conveniente que las conexiones de carga sean cortas para mantener la inductancia bastante baja y reducir así al mínimo la necesidad de compensaciones o variaciones de



227332

compensación para la inductancia de las conexiones.

Haciendo ahora referencia a la figura 4, se muestra en la misma una modificación de circuito de tanque de trabajo de baja inductancia, estando el condensador 3 ilustrado esquemáticamente para mayor sencillez. Se provee una cubierta 46 de tanque de trabajo no magnético, conductor. Dentro del tanque 46 hay una bandeja abierta o tanque interior 47 también hecho de material conductor. El recipiente 47 está sustentado por espaciadores aislantes 48 desde el fondo del tanque 46. La pieza de trabajo 5 está adecuadamente fijada en posición dentro de la bandeja 47 en relación conductora con la misma y el condensador 3 está conectado entre la bandeja y el tanque de trabajo, mostrándose cerca del centro del tanque entre su superficie inferior y debajo de la bandeja. El tanque 46 está cerrado en la parte superior por medio de una cubierta conductora desmontable 49 que tiene un cojinete de contacto conductor central 50 a través del cual se pasa el electrodo herramienta 6. Las conexiones se hacen adecuadamente al condensador 3 desde un circuito de carga, siendo el tanque exterior 46 el terminal negativo y extendiéndose una conexión positiva a través de una abertura 51 en la pared exterior del tanque. La brecha de chispa se mantiene deslizando el electrodo 6 a través del cojinete superior, estando el extremo de trabajo del electrodo y la superficie de trabajo enfrente del mismo que ha de trabajarse, sumergidas en nafta u otro dieléct-



227332

trico en el recipiente interior o bandeja 47. Una abertura de ventilación 52 en la cubierta es conveniente si el tanque 46 está cerrado herméticamente, a fin de permitir el escape de gases de descomposición de la nafta.

5                   Con la construcción dada como ejemplo en la figura 4, se obtiene un encerrado más completo del circuito de descarga, pues el tanque exterior 46 está completamente cerrado alrededor del condensador 3. Por tal medio la corriente pico de chispa se aumenta y se amortiguan más  
10 las oscilaciones. La cubierta del tanque 49 en este caso provee también un medio mecánico para pantallear al operario de las salpicaduras del fluido dieléctrico causadas por su turbulencia a ritmos de corte altos. La utilización de la bandeja interior separada 41 para confinar el medio  
15 dieléctrico, puede eliminarse si se desea utilizar una sola cubierta para confinar el líquido y los campos magnéticos del circuito de descarga. La colocación del condensador en el líquido dieléctrico también enfría el condensador y hace posible utilizar un condensador de menor capacidad o de tamaño físico menor para una corriente media  
20 dada.

Otra construcción modificada de circuitos de descarga de tanques de trabajo se ilustra en la figura 5 en la que el tamaño del condensador 3 es grande con relación al tanque de trabajo 53, o de otro modo es impráctico  
25 que el tanque de trabajo incluya físicamente el condensador o condensadores. Deberá observarse que si bien el po-



227332

tencial a que el condensador se carga puede ser solo del orden de 100 voltios y la capacitancia misma solo de algunos microfaradios, el tamaño físico del condensador puede ser relativamente grande a causa de los ritmos de cambio de alta corriente requeridos que corresponden a los de frecuencias sinusoidales muchas veces más altas que el ritmo de repetición de la chispa. Haciendo aún referencia a la figura 5 el tanque de trabajo 53 puede adecuadamente tener un forro interior no magnético 54 hecho de material más altamente conductor que el tanque mismo. La pieza de trabajo 5 está fijada conductivamente a una placa base 55 sustentada aisladamente en el tanque de trabajo por medios que incluyen el separador aislante 56.

Aún con referencia a la figura 5, el condensador 3 debajo del tanque de trabajo está conectado a éste por una sección de línea de transmisión coaxial 57, teniendo la línea adecuadamente un conductor interior 58 que contiene discos separadores aislantes circundados por un conductor exterior flexible 59. El conductor interior 58 se extiende a través de una abertura en el tanque de trabajo y está conectado a la placa base 55. El otro extremo del conductor interior 58 está conectado al terminal positivo del condensador 3. El conductor exterior 59 tiene un extremo conectado, por ejemplo, por soldadura, al tanque de trabajo alrededor de la abertura del conductor interior y tiene su



227332

otro extremo conectado al terminal negativo del condensador 3. El condensador 3 se carga adecuadamente a través de un circuito de carga tal como se ha descrito anteriormente. Una arandela hermética 60 en la abertura del tanque de trabajo evita el escape o filtración del líquido dieléctrico a la sección de línea de transmisión coaxial. El circuito de descarga del tanque de trabajo al electrodo herramienta 6, se completa por medios tales como los descritos en relación a la figura 3 o a la figura 4, indicándose en el dibujo un par de tiras conductoras 61. Las secciones de tubo de entrada y salida 62 y 63 se muestran también como ilustración de una forma en que puede circularse el líquido dieléctrico.

La sección de línea de transmisión 57 pantalla la parte del circuito del efecto de materiales magnéticos o circuitos externos que de otro modo podrían acoplarse a través de los campos magnéticos asociados por el circuito de descarga para aumentar su inductancia. En efecto, el conductor exterior 59 en la sección de línea de transmisión es una extensión del tanque de trabajo conductor que circunda la conexión interior al condensador. Las ventajas del tanque de trabajo como conductor transportador de corriente circundando el conductor interior que transporta la corriente de descarga en la dirección opuesta, se retiene.

Otra forma de disponer los conductores del circuito de descarga para inductancia mínima cuando



227332

el condensador 3 por diferentes razones no ha de incluirse en el tanque de trabajo, se indica en la figura 6. En este caso, un circuito conductor cerrado 65 está dispuesto para acoplar el campo magnético producido por el circuito de descarga. Naturalmente, ha de apreciarse, que si bien no hay inductancia concentrada, alguna inductancia inherente o distribuida necesariamente está incluida por razón del área comprendida por el circuito a través del cual pasa corriente cuando tiene lugar la descarga de la brecha de chispa. Así, con un conductor 66 entre el terminal positivo del condensador 3 y la pieza de trabajo 5 y un conductor 67 entre el terminal negativo del condensador 3 y el electrodo herramienta 6, el circuito así definido tiene inductancia en el grado que incluye la separación entre los conductores 66 y 67. Toda vez que los componentes de la brecha de chispa y condensador tienen un tamaño físico material, la autoinductancia del circuito tiene importancia en el trabajo de máquina por chispa.

Como se indica además en la figura 6, el conductor que forma el bucle cortocircuitado 65 está hecho para conformarse con el contorno de la mayor parte o todo del circuito conductor de descarga y para estar muy adyacente a los conductores 66 y 67 para incluir sustancialmente el mismo área. El conductor está adecuadamente aislado -por ejemplo por cinta aislante, y unido adecuadamente a los conductores de descarga con cinta o cuerda. Como la mayor parte, si no casi todo, el campo magnético que



23

## 227332

pasa a través del circuito de descarga que lo genera pasará también a través del circuito cerrado 65, la energía acoplada por el circuito 65 se disipa como pérdida térmica  $I^2R$  en el mismo para así contrarrestar eficazmente o  
5 cancelar la inductancia del circuito de descarga. Un efecto similar es el de un transformador cuya inductancia de entrada del primario se reduce por un circuito en corto o fuerte carga de su devanado secundario.

Si bien el coeficiente de acoplamiento  $K$   
10 definido en la forma usual puede oscilar desde 0,1 bajo condiciones de acoplamiento parcial solamente hasta 0,9 con disposiciones de circuito favorables, el grado más alto de acoplamiento es, naturalmente, preferible. El conductor del circuito 65 tendrá alguna resistencia, pe-  
15 ro normalmente será inferior a 0,005 ohmios para la longitud del conductor. Este valor puede considerarse como equivalente a un circuito en corto en lo referente a la reducción de inductancia para amortiguamiento eficaz.

Si bien el circuito cerrado 65 se muestra  
20 aislado, continúa eficazmente aislado si hace contacto con el circuito de descarga con tal que el contacto no proporcione un circuito conductor alrededor del condensador 3 o a través de la brecha de chispa 4. Las figuras 7 y 8 ilustran los requerimientos. En estas representa-  
25 ciones esquemáticas del circuito de descarga y del circuito cerrado la dirección de la corriente de descarga de la chispa en el circuito de descarga se indica por



227332

las flechas  $i_1$ . La corriente inducida inversa en el circuito 65 o devanado secundario efectivo, se indica por las flechas  $i_2$ . Si el circuito cerrado 65 se une o está en contacto con el circuito primario a lo largo de su línea negativa entre el terminal negativo del condensador y la brecha de chispa, como se indica por la figura 7, o a lo largo de su línea positiva entre el terminal positivo del condensador y la brecha de chispa, como se indica en la figura 8, la acción de cancelación de inductancia permanece igual que si se emplease un circuito cerrado 65 completamente aislado. El efecto neto en la parte del circuito que transporta la corriente de descarga y la corriente inducida inversa, es sencillamente disminuir el flujo neto de corriente solo en esta parte del circuito de descarga.

En la figura 9 se indica en forma esquemática una combinación del circuito cerrado y circuito de descarga de tanque de trabajo coaxial. Así, un tanque de trabajo conductor 68 provisto de una cubierta superior 69 se muestra como el conductor exterior que circunda a un conductor interior que incluye la brecha de chispa 4 y el condensador 3. El condensador está indicado esquemáticamente entre la pieza de trabajo 5 y el fondo del tanque de trabajo, estando adecuadamente conectado a un circuito de carga en la forma indicada con respecto a la figura 3. Además, se provee un circuito en corto o cerrado 70 dentro del tanque de trabajo. Este circuito puede ade-

23 MA



227332

cuadramente adoptar la forma del conductor aislado 65 mos-  
trado en la figura 6. El circuito se encuentra en un plano  
radial que se extiende verticalmente a lo largo de la pared  
interior del tanque a lo largo de la parte superior e in-  
5 ferior, y verticalmente cerca del eje central vertical del  
tanque a lo largo de la brecha de chispa 4 y el condensa-  
dor 3. En vista de la naturaleza coaxial del circuito de  
descarga del tanque de trabajo, sustancialmente todo el  
flujo magnético del circuito de descarga está acoplado por  
10 el circuito 70. Esto es evidente, pues, el flujo inducido  
del campo magnético es dirigido circularmente alrededor  
del conductor interior efectivo. En los casos en que el  
tanque de trabajo sea especialmente grande, el efecto can-  
celador de inductancia del circuito 70 puede demostrar ser  
15 especialmente útil en reducir aún más la inductancia total  
del circuito de descarga.

Como pueden inducirse corrientes a lo largo  
de circuitos cerrados en una lámina conductora o bloque  
que tenga una región normal a la dirección del campo in-  
20 ducido, el circuito cerrado no necesita estar restringido  
en forma de bucle. Una modificación del circuito cerrado  
70, figura 9, se muestra en la figura 10 para demostrar  
una forma. De nuevo el condensador 3 está situado en un  
tanque de trabajo 71 entre el fondo y la pieza de traba-  
25 jo 5, extendiéndose el electrodo herramienta 6 desde la  
parte superior del tanque de trabajo para definir la brecha  
de chispa 4 en cooperación con la pieza de trabajo. En



227332

este caso, a modo de ejemplo, el condensador 3 se muestra-  
en forma tubular alineado con el eje central vertical nega-  
tivo del condensador y en relación conductora con el tanque  
y el extremo superior 73 del condensador tubular está conec-  
5 tado a la pieza de trabajo. Los terminales positivo y nega-  
tivo del circuito de carga están conectados al condensador  
en la forma anteriormente descrita.

El circuito en corto o cerrado de la figura  
10, preferiblemente adopta la forma de una pestaña conduc-  
tora alineada radialmente 74 adecuadamente hecha de plancha  
de cobre. Esta pestaña está situada entre la parte superior  
e inferior del tanque de trabajo y adecuadamente tiene su  
borde más externo en relación conductora con la pared late-  
15 ral del tanque, mientras que el borde radial interior del  
miembro 74 está separado del condensador y brecha de chispa,  
siendo esencial que no ponga en corto ninguno de ellos a  
fin de mantener su aislamiento eléctrico efectivo o aisla-  
miento del circuito de descarga. De nuevo, como en la modi-  
20 ficación descrita con respecto a la figura 9, la dirección  
circular del flujo magnético dentro del tanque de trabajo  
induce corrientes inversas en la pestaña 74. En este caso,  
a pesar del hecho de que el circuito está efectivamente ce-  
rrado por razón de ser una lámina conductora sólida, se  
establecen una multitud de circuitos de corrientes induci-  
25 das cerrados. El circuito de corriente de descarga más  
corto, posiblemente a lo largo del borde interior de la  
pestaña 74, no cancela la eficacia de la pestaña porque



227332

la disposición de conductor coaxial del circuito de descarga determina esencialmente la distribución de corriente de descarga y la característica del flujo magnético.

Resumiendo brevemente las disposiciones de

5 circuito de descarga mejoradas, es evidente que la inductancia inherente o distribuida del circuito de descarga para acoplar el condensador a la brecha de chispa definida por la pieza de trabajo y la herramienta electrodo, se reduce por una disposición del conductor que distribuye

10 la corriente desde el suministro de energía de impulso a través de la brecha de chispa de modo que los campos magnéticos producidos por los impulsos de corriente tienen un efecto inductivo reducido al mínimo. Así, utilizando el tanque de trabajo como conductor hueco que transporta corriente en la dirección opuesta al resto del circuito que

15 circunda, se reduce la autoinductancia para una separación del conductor dada. Utilizando un circuito cerrado acoplado magnéticamente al circuito de descarga, también se reduce la autoinductancia. Como resultado, se aumenta la corriente de pico y la duración del impulso de corriente inicial se reduce y la oscilación de la corriente de chispa

20 también se amortigua más rápidamente para permitir una nueva carga más rápida y por lo tanto ritmos de repetición más rápidos.



227332

- O - N O T A - O -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5  
10  
15  
20

1º. - Un aparato para la erosión eléctrica de una pieza de trabajo, incluyendo dicho aparato medios para sustentar dicha pieza de trabajo, un electrodo, medios para sustentar y controlar el movimiento de dicho electrodo hacia dicha pieza de trabajo para mantener una brecha determinada entre ambos, un condensador, un circuito de carga que conecta dicho condensador a un suministro de corriente, un circuito de descarga que conecta dicho condensador a dicha pieza de trabajo y dicho electrodo, y un conductor de baja inductancia conectado en serie en dicho circuito de descarga y que tiene una forma que lo adapta, en presencia de corriente, para reducir la inductancia del circuito de descarga con lo que la corriente pico de descarga se aumente grandemente y su duración se reduce grandemente.

2º. - Un aparato según el punto 1, en el que dicho conductor eléctrico comprende un receptáculo conductivo que tiene medios para sustentar en forma aislante la pieza de trabajo en un líquido dieléctrico en el



227332

mismo, teniendo dicho aparato medios para conectar dicho condensador entre dicho receptáculo y dicha pieza de trabajo y medios para conectar dicho receptáculo a dicho electrodo para completar el circuito de descarga de baja inductancia.

5                   3º. - Un aparato según el punto 1, en el que el medio para conectar el receptáculo al electrodo comprende un número de conductores flexibles conectados en un extremo al electrodo y en el otro extremo a regiones espaciadas alrededor del borde de dicho receptáculo.

10                   4º. - Un aparato según los puntos 2 ó 3, que incluye un conductor adicional que forma un circuito en corto acoplado magnéticamente con dicho circuito de descarga y dispuesto dentro de dicho receptáculo para neutralizar una parte del campo magnético producido por el paso de corriente en dicho circuito de descarga.

15                   5º. - Un aparato para la erosión eléctrica de una pieza de trabajo que tiene una brecha de chispa definida entre una herramienta electrodo y la pieza de trabajo, comprendiendo un suministro de impulsos eléctricos, 20                   medios conductores que conectan dicha brecha de chispa y dicho suministro en un circuito en serie, estando dichos medios conductores dispuestos para incluir una parte conductora hueca de dicho circuito que circunda una parte conductora interior que incluye la brecha de chispa.

25                   6º. - Un aparato según el punto 5 en el que dicho medio conductor comprende un cuerpo conductor hueco cerrado sustancialmente que circunda dicho suministro y la





23

227332

partículas de la misma, comprendiendo dicho método las  
operaciones de sujetar la pieza de trabajo, llevar una  
herramienta electrodo a relación espaciada con la pieza  
de trabajo a fin de definir una brecha de chispa entre  
5 ambas, mantener la brecha de chispa llena de fluido die-  
léctrico, aplicar por medio de un circuito eléctrico una  
serie de descargas de chispas eléctricas espaciadas en  
tiempo a través de la brecha de chispa entre la herramien-  
ta y la pieza de trabajo y controlar la corriente pico y  
10 la duración de cada una de tales descargas de chispa con-  
trolando la inductancia inherente del circuito aplicador  
de descarga.

10º. - Un método según el punto 9, que in-  
cluye la operación de controlar la corriente pico y du-  
15 ración de cada descarga de chispa utilizando un conductor  
en cortocircuito de resistencia despreciable, acoplado  
magnéticamente al circuito aplicador de descarga, pero  
aislado eléctricamente del mismo.

11º. - Un aparato y un método para la ero-  
20 sión eléctrica de una pieza de trabajo.

Tal y como se ha descrito en la Memoria  
que antecede, representado en los dibujos que se acompa-  
ñan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintisiete hojas  
25 escritas por una sola cara.

Madrid, 23 MAY 1956

P. A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder.



227332

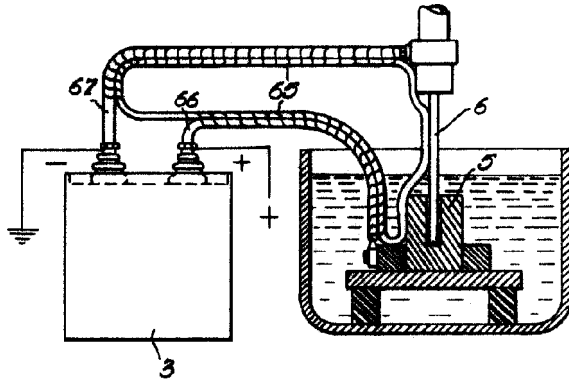


Fig. 6.

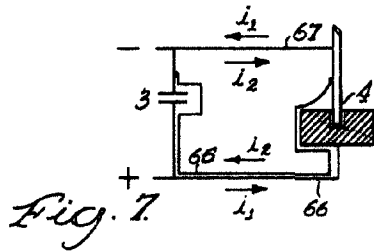


Fig. 7.

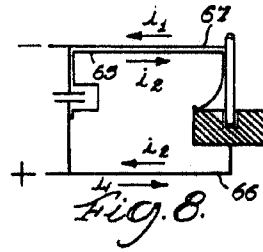


Fig. 8.

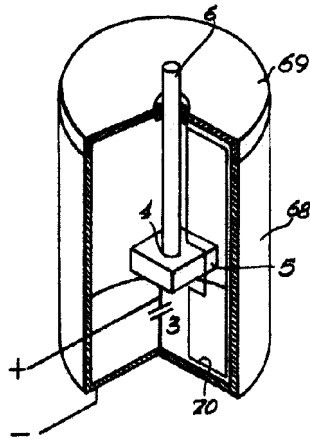


Fig. 9.

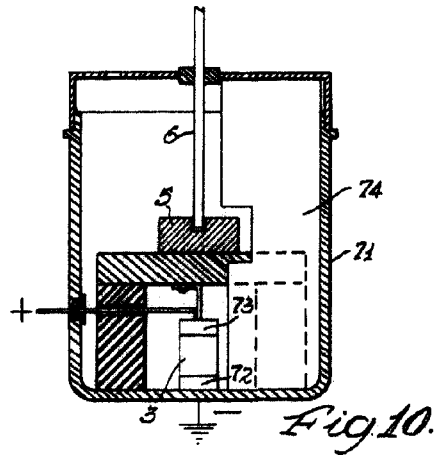


Fig. 10.

*Handwritten signature or initials.*



227332

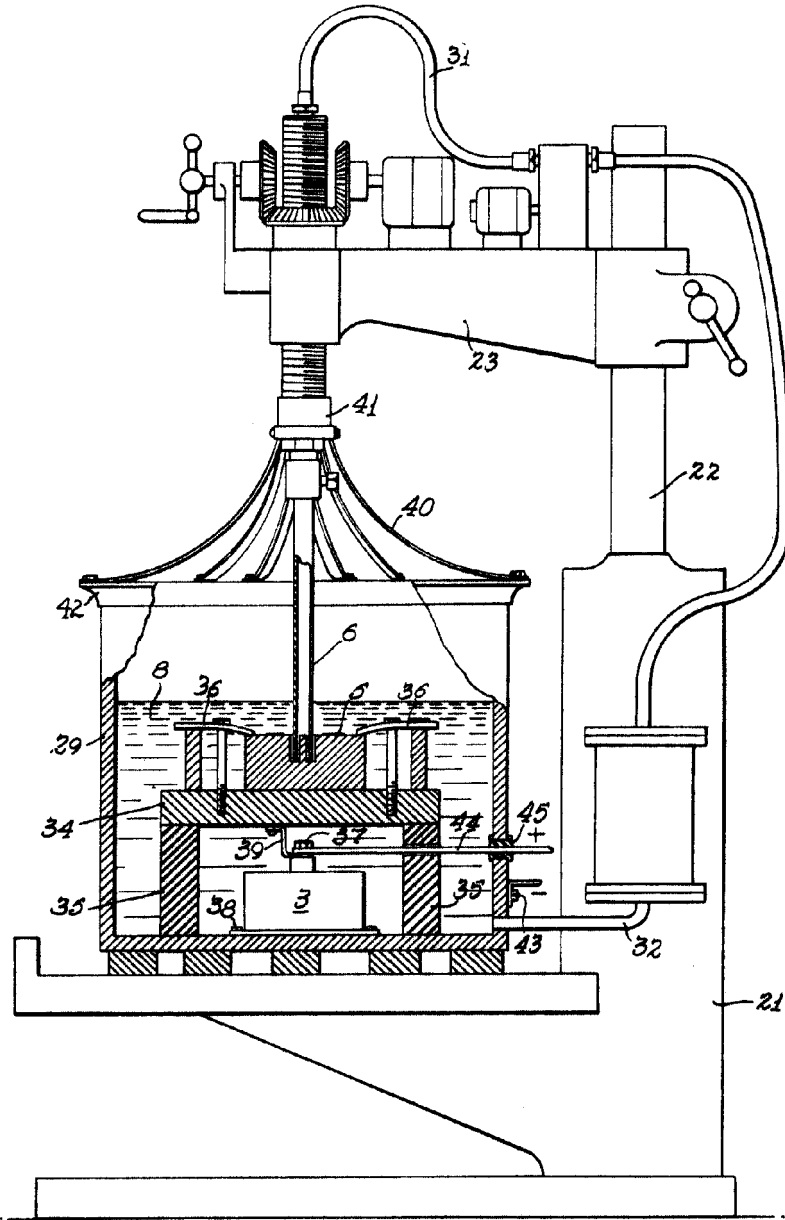


Fig. 3.

*Handwritten signature or mark.*

227332

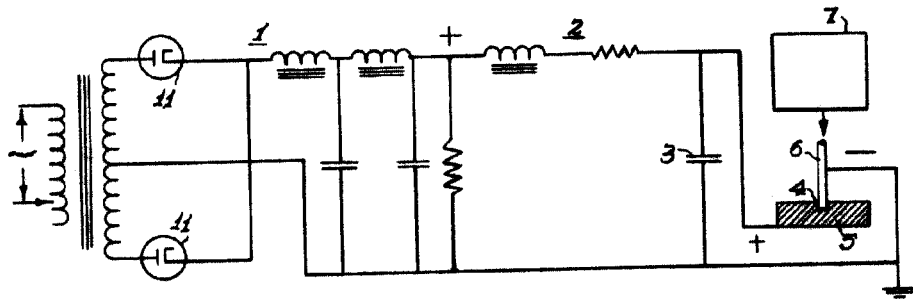


Fig. 1.

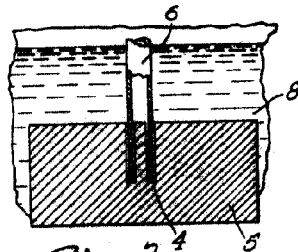


Fig. 2.

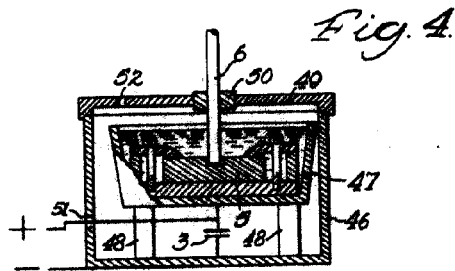


Fig. 4.

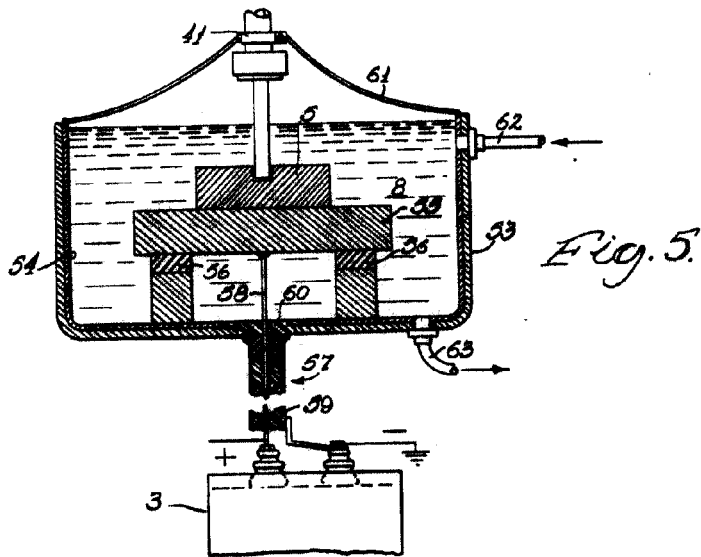


Fig. 5.

*Metcal & Co.*