



24

299132

# MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

por VEINTE años en España, por " UN METODO DE

EXTRACCION DE MATERIAL ELECTROLITICAMENTE "

a favor de

THE STEEL IMPROVEMENT AND FORGE COMPANY

domiciliado en 970, East 64th Street, Cleveland,

Ohio, EE.UU.

PRIORIDAD: de la solicitud de patente estadounidense nº 277.194 del 1 de mayo de 1.963.-

INVENTOR : John E. Clifford, de nacionalidad estadounidense.-

299132



Este invento se refiere a la extracción electrolítica de material, y más particularmente a métodos y aparatos para trabajar electroquímicamente materiales conductores.

5 En el trabajo electroquímico, según se emplea aquí este término, se trabaja la pieza disolviéndola por disolución electrolítica anódica, sin contacto físico directo entre la herramienta cátodo y el ánodo. El trabajado electroquímico presenta grandes ventajas sobre los métodos de trabajado mecánico en la producción de formas difíciles de trabajar por los sistemas ordinarios y en la conformación de los materiales, tales como los metales duros y resistentes, difíciles de 10 trabajar por los métodos corrientes. Los métodos de trabajado electrolítico y los aparatos con los que esta invención resulta particularmente útil se han descrito en la solicitud estadounidense nº 855.873. La invención es igualmente útil en otras operaciones de trabajado electroquímico tales como procesos de perforación, corte y conformación múltiples. 15

La invención es particularmente útil para el trabajado de artículos que presentan superficies irregulares, curvadas o retorcidas, tales como las placas de las turbinas. En el trabajado electromecánico 20 ordinario, en el que se emplea una herramienta electrodo de una sola pieza para el tratamiento de una superficie destinado a darle una forma y contorno tridimensionales, un problema común que se presenta en la conformación de las piezas a trabajar a partir de forjados en bruto u otro origen previo, es el de extraer cantidades importantes de material excedente de ciertas superficies, al tiempo que se suprime poco metal o ninguno de otras superficies próximas ya a la dimensión y forma deseadas. En el trabajado electroquímico con una herramienta bloque se extrae el material simultáneamente no sólo de las zonas que contienen metal en exceso, sino también (a un ritmo más lento, 25 debido a la mayor anchura de espacio) de otras superficies. En tal - 30

299132



operación, con el fin de evitar inexactitudes en la pieza ya completa, es con frecuencia necesario prever material en exceso en la pieza a trabajar o bloque en bruto, para permitir que la acción de trabajado electroquímico continúe hasta una posición en la que se alcance un equilibrio electroquímico esencial en toda la cara del cátodo; es decir, hasta una posición en la que el espacio existente entre la herramienta y la pieza, y el grado de extracción de material de la pieza lleguen a ser prácticamente uniformes en toda la cara activa de la herramienta cátodo. El uso de material excesivo da como resultado un gasto de material caro, así como un aumento en el costo debido a las cantidades adicionales de material que han de extraerse mediante trabajado electroquímico. Esto puede en ocasiones evitarse cambiando la cara de la herramienta cátodo empíricamente para compensar con anticipación los errores que pudieran producirse de lo contrario, pero las pruebas previas a la producción y esfuerzos equivocados para desarrollar una forma adecuada de herramienta cátodo implican un gasto considerable.

El objeto principal de este invento es, por consiguiente, - aportar un método y aparatos perfeccionados para la extracción electroquímica de material de la superficie de una pieza a trabajar, y un electrodo perfeccionado, así como los métodos para realizarlo, para su uso en tal procedimiento electrolítico.

El presente invento proporciona, en consecuencia un sistema para la extracción electrolíticamente de material de la superficie de una pieza a terminar, el cual comprende las siguientes fases: colocar esta superficie en yuxtaposición, pero fuera de contacto, con una herramienta electrodo que comprende una pluralidad de elementos conductores aislados entre sí, dispuestos para conferir una forma deseada a la pieza que se trata de trabajar mediante extracción electrolítica de material de la misma; el suministro de un electrólito entre las super

299132<sup>4</sup>



ficies yuxtapuestas de la herramienta y la pieza a trabajar; el avance de las superficies yuxtapuestas la una hacia la otra, y el suministro de corriente a través de la pieza, el electrolito, y, por lo menos, uno de los elementos conductores de la herramienta.

5           Según una forma preferente del invento, cada elemento conductor queda conectado a la corriente cuando su superficie llega a una distancia previamente determinada a partir de la superficie de la pieza.

10           Las corrientes destinadas a los elementos conductores son regulables por separado y pueden regularse con arreglo a un plan preterminado, tal como un programa basado en las posiciones relativas de la herramienta y de la pieza de fábrica. Cuando las superficies se hacen avanzar al encuentro la una de la otra a una velocidad uniforme, pueden regularse las corrientes de acuerdo con el tiempo durante el  
15           cual han avanzado así las superficies. Pueden regularse las corrientes separadamente en respuesta a valores detectados de las distancias entre las superficies de los elementos conductores y la pieza. Las distancias pueden detectarse como función de la resistencia del electrolito entre la pieza y los elementos conductores individuales, y en  
20           otras varias formas que aquí se describirán. Pueden disponerse resistencias autorreguladoras separadas, cada una de ellas en circuito con cada elemento conductor, a fin de proteger las superficies yuxtapuestas de graves daños por formación de arco voltaico.

25           Otras características incluyen métodos de operación bipolar con corriente alterna, corriente continua invertida, y corriente alterna trifásica.

30           El presente invento prevé también un aparato para extraer electrolíticamente material de la superficie de una pieza mecánica de fábrica comprendiendo tal aparato una pluralidad de elementos conductores íntimamente adyacentes aislados entre sí y que poseen extremos



299132

adyacentes que definen por lo menos aproximadamente una superficie —  
predeterminada; medios para mantener la superficie de la pieza en yux-  
taposición pero fuera de contacto con los extremos adyacentes de los  
elementos conductores; medios para proveer un electrólito entre la su-  
perficie de la pieza y los extremos adyacentes de los elementos con-  
ductores, medios para regular las posiciones de los elementos conduc-  
tores con respecto a la pieza a trabajar, y medios para suministrar -  
corriente a través de la pieza, del electrólito, y, por lo menos, a -  
través de un elemento conductor.

Comprende también la invención métodos y aparatos por los que  
las posiciones de los elementos conductores de la herramienta son se-  
paradamente regulables, y regulados de preferencia conforme a un plan  
previamente determinado según sea el grueso del material a suprimir -  
de la pieza frente a cada elemento conductor. Las corrientes destina-  
das a los elementos conductores son de preferencia reguladas por sepa-  
rado, conectándose la corriente ordinariamente a cada elemento conduc-  
tor al empezar éste su avance hacia la pieza.

El presente invento proporciona también una herramienta elec-  
trodo de forma variable que comprende una pluralidad de elementos con-  
ductores alargados; medios para mantener los elementos conductores en  
disposición colateral paralela íntimamente adyacente, aislados entre  
sí, y móviles entre sí en dirección longitudinal; medios para ajustar  
las posiciones relativas, en sentido longitudinal, de los elementos pa-  
ra configurar por sus extremos adyacentes aproximadamente la forma de  
superficie deseada; medios para fijar los elementos en las posiciones  
relativas, y medios para constituir la conexión eléctrica a los termi-  
nales de los elementos conductores opuestos a los extremos que forman  
la superficie aproximada.

El presente invento proporciona igualmente un sistema de pre-  
parar un electrodo, el cual abarca las fases de: ensamblar una plura-

299132

24 APR



5

lidad de elementos conductores alargados en disposición colateral pa-  
ralela íntimamente adyacentes; disponer los extremos adyacentes de los  
elementos ensamblados de modo que configuren al menos aproximadamente  
la forma de una superficie deseada adecuada para su uso en procesos -  
electrolíticos cuando se hace pasar a los mismos una corriente median-  
te conexiones a los otros extremos de los elementos, hallándose los -  
elementos aislados entre sí, y fijar los elementos en las posiciones  
respectivas.

10

Otras características y ventajas del invento irán haciéndose  
evidentes en el curso de la siguiente descripción de formas típicas -  
preferentes del mismo, con referencia a los planos anexos, en los cua-  
les:

15

Las figuras 1 y 2 son alzados en sección, algo diagramáticos,  
que ilustran un aparato para llevar a efecto la invención aplicada a  
la excavación y conformación de cavidades de troquel y similares;

20

la fig. 3 es un diagrama que muestra un circuito eléctrico -  
típico utilizado con el aparato de las figs. 1 y 2;

la fig. 4 es un alzado en sección, algo diagramático, que -  
ilustra un aparato para llevar a efecto el invento aplicado al traba-  
jado de hojas de turbina y similares;

25

las figs. 5 y 6 son diagramas que muestran circuitos típicos  
utilizados con el aparato de la fig. 4;

la fig. 7 es una vista en alzado, algo diagramática, que re-  
presenta un dispositivo conmutador utilizable con el aparato y los -  
circuitos de las figs. 1-6;

30

la fig. 8 es una vista en alzado, algo diagramática, que mues-  
tra otro dispositivo conmutador utilizable con el aparato y los cir-  
cuitos de las figs. 1-6;

la fig. 9 es un diagrama esquemático que comprende circuitos  
utilizables en la realización del invento, según el aparato de las -

299132



figs. 1, 2 y 4;

la fig. 10 es una sección en alzado y un diagrama esquemático combinados que representan el aparato y los circuitos utilizables en conjunto en la puesta en práctica de la invención;

5

la fig. 11 es un diagrama bloque que ilustra métodos típicos de regulación de corriente, que comprenden parte del invento;

las figs. 12-15 son diagramas eléctricos que representan circuitos típicos utilizables en la práctica de este invento;

10

la fig. 16 es una vista en sección practicada según se indica en 16-16, fig. 17;

la fig. 17 es una vista de extremo de una herramienta electrodo típica utilizable en la práctica del invento;

la fig. 18 es una vista de extremo de otra de tales herramientas;

15

la fig. 19 es una vista de extremo de otra más de las herramientas de esta clase;

la fig. 20 es una vista en sección tomada por 20-20 según la fig. 19;

20

la fig. 21 es una vista en alzado, seccional y diagramática de un aparato y circuito utilizados en la práctica de diversas características del invento;

la fig. 22 es una vista superior de un aparato, en la que se representan determinadas características de la invención;

25

la fig. 23 es una vista en sección tomada por 23-23 según la fig. 22;

la fig. 24 es una vista en sección que ilustra un método de preparación de un electrodo con arreglo al presente invento;

la fig. 25 es una vista lateral de un electrodo así realizado;

30

las figs. 26 y 27 son vistas de extremo que representan un método de preparación de electrodos conforme a este invento;

24 AB



- 8 -

299132

la fig. 28 es una sección en alzado, algo diagramática, de un aparato utilizable en la práctica del invento;

la fig. 29 es una vista similar a la fig. 28 que muestra una parte de una forma modificada del aparato de la fig. 28;

la fig. 30 es una sección en alzado, algo diagramática, de un aparato de extracción electrolítica conforme al presente invento - al iniciarse una operación de extracción electrolítica;

la fig. 31 es una vista lateral ampliada que muestra un detalle del aparato de la fig. 30; y

la fig. 32 es una vista similar a la fig. 30 que representa el aparato en una fase posterior de la operación electrolítica de extracción.

Formas típicas de esta invención pueden emplear herramientas y aparatos asociados de los tipos mostrados en las figs. 1, 2 y 4. Para formar una superficie sencilla, como para confeccionar troqueles y otras cavidades, pueden utilizarse el aparato de las figs. 1 y 2. Este comprende una caja envolvente 10 que posee una porción superior 11 y una porción inferior 12, fijadas entre sí en forma hermética a los líquidos. La caja 10 tiene una abertura de entrada 13 y un paso de salida 14 para el electrólito. Las partes envolventes 11 y 12 están hechas preferentemente de un plástico fuerte tal como poliestireno u otro material aislante adecuado. Se han dispuesto un conector de entrada 15 y un conector de salida 16 para la más cómoda conexión del orificio de entrada 13 y del orificio de salida 14 a los manguitos u otros conductos que llevan el electrólito al recinto 10 o lo conducen a partir del mismo.

Fijamente sujeta a la parte inferior 12, se encuentra una pieza a trabajar 17 con la que se establece una conexión eléctrica por medio de un conductor 18. Ajustado en forma holgada a la porción superior 11, y verticalmente deslizable en ella según se ha indicado

24 APR 1951  
32



con la flecha 19, hay una herramienta 20 que comprende una pluralidad de elementos conductores 21, aislados entre sí. El aislamiento entre los elementos conductores 21 se ha representado por medio de líneas gruesas 22 entre los mismos, por no haber bastante espacio para una representación más detallada. El aislamiento 22 entre los elementos conductores 21 puede estar hecho en politetrafluoretileno ("Teflon") o cualquier otro material aislante apropiado. Se suministra corriente eléctrica a los elementos conductores 21 mediante conductores separados 23 conectados individualmente a los mismos. Los conductores 23 que están aislados entre sí atraviesan el recinto 10 en un manguito aislante protector 24 por dentro de una barra hueca 25. La barra, avanzadora de la herramienta 25, se halla fijamente unida a un bastidor de apoyo 26, hecho de preferencia en plástico fuerte u otro material aislante, que se haya fijamente unido al conjunto rígido de elementos conductores 21 de la herramienta 20. El movimiento de la barra de avance de la herramienta 25 puede regularse por cualquier medio conveniente, de mecánica ordinaria, o en otra forma, tal como el aparato alimentador común de tipo torno objeto de la solicitud de patente de EE.UU. nº 855.873. El electrólito se alimenta bajo presión por el conector 15 y el orificio de entrada 13, según indica la flecha horizontal 27. El electrólito llena el espacio existente entre la pieza a trabajar 17 y la herramienta 20 y fluye a través de la pieza, según se indica por la flecha 28, hasta el orificio de salida 14 y después a través del conector 16, como indica la flecha horizontal 29. Puede hacerse llegar el electrólito al recinto 10 por cualquier medio conveniente, ordinario o de otra clase, tal como una bomba accionada a motor, existiendo un colector destinado a recibir el electrólito descargado por el orificio de salida 14.

La fig. 3 muestra un circuito eléctrico típico para el equipo de las figs. 1 y 2. La pieza 17 va conectada por el conducto 18 a

24 AB



3132

5

un terminal de una fuente de energía 30, que típicamente comprende un suministro de bajo voltaje y alto amperaje de corriente continua con la pieza 17 conectada al terminal positivo, según se ha indicado en la fig. 3. La fuente de energía 30 puede, sin embargo, contener medios para proporcionar variaciones tales como inversiones periódicas si así se desea con fines particulares. Cada elemento conductor 21 de la herramienta 20 está conectado por su conductor 23 a una resistencia 31, que va conectada por un conmutador 32 al otro terminal de la fuente de energía 30. Las resistencias 31 son típicamente variables, según la fig. 3, haciendo posible igualar o ajustar en otra forma los voltajes y corrientes a los elementos conductores individuales 21. Los conmutadores 32 se accionan típicamente en forma independiente entre sí para regular la conexión de la corriente a los elementos conductores 21 individualmente.

10

15

La fig. 4 representa un aparato que es útil en conformar dos superficies, preferiblemente a un mismo tiempo, así como para conformar los lados opuestos de una hoja de turbina hasta las adecuadas tolerancias. Una caja envolvente 40 comprende una parte izquierda 41 y una parte derecha 42, fijadas entre sí en forma hermética a los líquidos. Las partes envolventes 41 y 42 están hechas de preferencia en un plástico fuerte tal como poliestireno u otro material aislante -- apropiado. La parte izquierda 41 presenta una abertura de entrada 43 adaptada para recibir un conector de extremo roscado de un conducto 44 para abastecer al mismo al electrólito. La parte izquierda 41 presenta también un paso 45 similarmente adaptado para recibir el conector de extremo roscado de un conducto 46 para conducir el electrólito fuera del recinto 40.

20

25

30

Se fija una pieza a trabajar 47 aproximadamente en el centro del recinto 40 por medio de elementos de soporte 48, que pueden estar hechos con fuerte material conductor o fuerte material aislante, según

24 ABR



333132

que se desee establecer conexión eléctrica con la pieza 47 o que no -  
se desee, o según otros factores de conveniencia en una instalación -  
particular. Ajustada en forma holgada en la porción del lado izquier-  
do 41, pero deslizable horizontalmente en la misma, como lo indica la  
flecha horizontal 49, se encuentra una sufridera 50 que comprende un  
elemento sustentador 51 y elementos de soporte 52 rígidamente fijados  
al mismo. Estos elementos de apoyo y retención 51 y 52 estarán he-  
chos de preferencia en plástico fuerte u otro material aislante, Rí-  
gidamente fijada a los elementos de soporte 52 de la sufridera 50 -  
existe una herramienta 53 que comprende una pluralidad de elementos -  
conductores 54, aislados entre sí. El aislamiento, que por convenien-  
cia se ha representado con las líneas gruesas 55, puede hacerse con -  
politetrafluoroetileno ("Teflon") o con cualquier otro material ais-  
lante adecuado. Se suministra corriente eléctrica a los elementos -  
conductores 54 por conductores separados 56 individualmente conecta-  
dos a los mismos. Los conductores 56 están provistos de revestimien-  
tos de material aislante destinados a aislarlos entre sí y pasan a tra-  
vés del recinto 40 dentro de una barra hueca 57. La barra avanzante de  
la herramienta 57, va fijamente unida al elemento de soporte 51.

La parte del lado derecho 42 del recinto 40 presenta una aber-  
tura de entrada 43<sup>a</sup> adaptada para recibir un conector de extremo rosca-  
do de un conducto 44<sup>a</sup> para el suministro del electrólito. La parte del  
lado derecho 42 posee igualmente un paso de salida 45<sup>a</sup> similarmente -  
adaptado para recibir el conector de extremo roscado de un conducto -  
46<sup>a</sup> para la conducción del electrólito hacia afuera del recinto 40.

Ajustada en forma holgada en la parte del lado derecho 42, -  
pero deslizable horizontalmente en la misma, según se ha indicado con  
la flecha horizontal 49<sup>a</sup>, existe una sufridera 50<sup>a</sup> que comprende un -  
elemento sustentador 51<sup>a</sup> y elementos de soporte 52<sup>a</sup> rígidamente conec-  
tados al mismo. Estos elementos de apoyo y retención 51<sup>a</sup> y 52<sup>a</sup> esta-



299132

rán hechos de preferencia en plástico fuerte u otro material aislante. Rígidamente fijada a los elementos de soporte 52<sup>o</sup> de la sufridera 50<sup>o</sup> existe una herramienta 53<sup>o</sup> que comprende una pluralidad de elementos conductores 54<sup>o</sup>, aislados entre sí. El aislamiento se ha representado por conveniencia por las líneas gruesas 55<sup>o</sup>. Se aplica la corriente eléctrica a los elementos conductores 54<sup>o</sup> por conductores separados 56<sup>o</sup> individualmente conectados a los mismos. Los conductores 56<sup>o</sup> están provistos de revestimientos de material aislante destinados a aislarlos entre sí, y pasan a través del recinto 40 dentro de una barra cilíndrica hueca 57<sup>o</sup>. La barra avanzante de la herramienta, 57<sup>o</sup> va fijamente unida al elemento de soporte 51<sup>o</sup>. El movimiento de las barras avanzantes de la herramienta, 57 y 57<sup>o</sup> puede regularse por medio de cualquier dispositivo adecuado, ordinario o de otra clase, tal como el dispositivo alimentador simple de doble leva objeto de la solicitud de Estados Unidos n<sup>o</sup>855.873.

Se suministra el electrólito bajo presión a la parte izquierda 41 del recinto 40, según se indica por la flecha vertical 58, a través del conducto 44 y la abertura de entrada 43, llenando el espacio existente entre los elementos de soporte 48 y la pieza a trabajar 47 por un lado, y los elementos sustentadores 52 y la herramienta 53, por otro, y fluyendo por el hueco formado entremedias para salir por el paso de salida 45 y el conducto 46, según se indica por la flecha vertical 59. Similarmente, se suministra el electrólito bajo presión a la parte derecha 42 del recinto 40, según lo indica la flecha vertical 58<sup>a</sup>, fluyendo el mismo por el conducto 44<sup>o</sup> y la abertura de entrada 43<sup>o</sup>, llenando el espacio existente entre los elementos de soporte 48 y la herramienta 47, y los elementos sustentadores 52<sup>o</sup> y la herramienta 53<sup>o</sup>, por otro, y fluyendo hacia abajo por el hueco formado entremedias para salir por el paso de salida 45<sup>o</sup> y el conducto 46<sup>o</sup>, según se indica por la flecha vertical 59<sup>o</sup>. El electrólito puede sumi-

299132



nistrarse al recinto 40 por cualquier medio adecuado, ordinario o de otra clase, tal como el colector y bomba usuales objeto de la solicitud estadounidense nº 855.873.

5 La fig. 5 muestra un circuito eléctrico típico para el equipo de la fig. 4. La pieza de fábrica que se trata de trabajar, 47, se conecta mediante un conductor 63 a un terminal de una fuente de energía 60, que comprende típicamente un suministro de bajo voltaje y alto amperaje de corriente continua, con la pieza 47 conectada al terminal positivo según se indica en la fig. 5. La fuente de suministro de energía 60 puede contener, sin embargo, medios para aportar variaciones, tales como inversión periódica, si se desea hacerlo con fines particulares. Cada elemento conductor 54 de la herramienta 53 se encuentra conectado por su conductor 56 a una resistencia 61, que va conectada mediante un conmutador 62 al otro terminal (negativo) de la fuente de fuerza 60. Las resistencias 61 son, típicamente, variables, según representado en la fig. 5, haciendo posible igualar o ajustar en otra forma los voltajes y corrientes a los elementos conductores individuales 54. Los conmutadores 62 funcionan típicamente en forma independiente entre sí para regular la conexión de corriente a los elementos conductores 54 individualmente. Cada elemento conductor 54 de la herramienta 53 va conectado por su conductor 56 a una resistencia 61', conectada por un conmutador 62' al otro terminal (negativo) de la fuente de fuerza 60. Las resistencias 61' típicamente son variables según representado en la fig. 5, para igualar o ajustar en otra forma los voltajes y las corrientes a los elementos conductores individuales 54'. Los conmutadores 62' funcionan típicamente en forma independiente entre sí para regular la conexión de corriente a los elementos conductores 54' en forma individual.

30 La fig. 6 muestra otro circuito eléctrico típico que puede utilizarse para el equipo de la fig. 4. Cada elemento conductor 54 -

2A  
299132



de la herramienta 53 está conectado por su conductor 56 a una resistencia 66, conectada mediante un conmutador 67 a un terminal de una fuente de fuerza 65. Las resistencias 66 son típicamente variables según representado en la fig. 6, haciendo posible igualar o ajustar en otra forma los voltajes y corrientes respecto a los elementos conductores individuales 54. Los conmutadores 67 funcionan típicamente en forma independiente entre sí para regular la conexión de corriente a los elementos conductores 54 individualmente. Cada elemento conductor 54<sup>t</sup> de la herramienta 53<sup>t</sup> está conectado por su conductor 56<sup>t</sup> a una resistencia 66<sup>t</sup>, que va conectada por un conmutador 67<sup>t</sup> al otro terminal de la fuente de fuerza 65. Las resistencias 66<sup>t</sup> son típicamente variables, según representado en la fig. 6, haciendo posible igualar o ajustar en otra forma los voltajes y las corrientes a los elementos conductores individuales 54<sup>t</sup>. Los conmutadores 67<sup>t</sup> funcionan típicamente en forma independiente entre sí para regular la conexión de corriente a los elementos conductores 54 individualmente. La pieza a trabajar 47 no se conecta a la fuente de fuerza 65, sino que funciona como un electrodo bipolar entre las herramientas 53 y 53<sup>t</sup> de la manera descrita en la solicitud estadounidense nº 181.717. Según se indica en 68, la fuente de fuerza 65 comprende típicamente un suministro de corriente alterna de bajo voltaje y elevado amperaje, que puede ser de frecuencia comercial ordinaria, o de corriente continua periódicamente invertida, de modo que los elementos conductores 54 y la superficie inferior de la pieza 47 son alternativamente catódicos y anódicos, mientras que los elementos conductores 54<sup>t</sup> y la superficie superior de la pieza 47 son alternativamente anódicos y catódicos. Los elementos conductores 54 y 54<sup>t</sup> deberán tener superficies de platino o de otro material conductor resistente a la disolución anódica en el electrolito y bajo las condiciones que se empleen. El circuito de la fig. 6 es preferible al de la fig. 5; es aquí indebida una conexión -



299132

eléctrica con la pieza a trabajar 47 y es conveniente evitar corrientes que tengan componentes de alta densidad a través de secciones transversales pequeñas de la pieza a trabajar, como se hallarían presentes en el trabajado electroquímico de hojas delgadas de turbina — utilizando el circuito de la fig. 5. Se observarán otras ventajas de la operación bipolar en la solicitud estadounidense nº 181.717.

Un método típico, conforme a la presente invención, de extraer electrólíticamente material de la superficie superior de la pieza 17 en el aparato de las figs. 1-3 comprende las fases siguientes: colocación de la pieza 17 en el recinto 10 con su superficie superior en yuxtaposición pero fuera de contacto con la herramienta 20 adaptada para proporcionar una forma deseada (como lo indica la forma de la superficie inferior de la herramienta 20) a la pieza 17 mediante extracción electrolítica de material de la misma; suministro de un electrolito, según indican las flechas 27, 28 y 29, entre las superficies yuxtapuestas de la herramienta 20 y la pieza 17; avance de las superficies yuxtapuestas, la una hacia la otra; y suministro de corriente a través de la pieza 17, del electrolito, y, por lo menos, un elemento conductor 21 de la herramienta 20, según el circuito de la fig. 3.

Se conecta la corriente a cada elemento conductor 21 de la herramienta 20 cuando su superficie llega a una distancia determinada (de ordinario no superior a unas 30 milésimas de pulgada) a partir de la superficie de la pieza 17. Las corrientes se conectan cerrando los conmutadores 32 en tiempos apropiados, ya sea manualmente, ya automáticamente. Los conmutadores 32 se pueden accionar individualmente y así, las corrientes conectadas a los elementos conductores 21 son regulables por separado. La regulación de corrientes puede consistir simplemente en posiciones de conexión y desconexión de las corrientes individuales, o puede también comprender regulación de la magnitud de la corriente, por ejemplo mediante ajuste automático de las resis-



289132

tencias variables individuales 31. Las corrientes dirigidas a los elementos conductores pueden regularse con arreglo a un plan previamente determinado.

5 Pueden regularse las corriente que van a los elementos conductores 21 de la herramienta 20 con arreglo a las posiciones relativas de la herramienta 20 y la pieza de fábrica 17. Cuando la herramienta 20 y la pieza 17 se hallan en las posiciones relativas que aparecen en la fig. 1, sólo se conecta la corriente al elemento conductor más bajo 21. Al avanzar la herramienta 20 hacia abajo, se extrae material de la pieza 17 en la zona opuesta al elemento conductor más bajo 21. Los elementos conductores adyacentes 21 entran entonces en el espacio del hueco deseado y queda conectada igualmente la corriente a los mismos. Según continúa descendiendo la herramienta 20 hacia abajo la corriente queda conectada a más y más elementos conductores 21. Finalmente queda conectada la corriente a todos ellos, al tiempo que el elemento conductor 21 en el extremo de la derecha, que es el último en llegar a proximidad de la pieza que se trabaja 17, llega a la separación deseada. A continuación, todos los elementos conductores 21 quedan conectados a la fuente de fuerza hasta que la herramienta 20 ha avanzado hasta la posición que aparece en la fig. 2, donde se habrá dispuesto la cavidad en la pieza 17 con la forma y profundidad deseadas, siendo el hueco prácticamente el mismo en toda la longitud de las superficies yuxtapuestas de la herramienta 20 y de la pieza a trabajar 17.

25 Se abren a continuación los conmutadores 32 para desconectar todos los elementos conductores 21, se cierra el suministro de electrólito y se retira hacia arriba la herramienta 20, a la posición que se ve en la fig. 1. Se separa la parte inferior 12 de la parte superior 11 de la caja 10 y se saca de la misma la pieza 17, desconectándosela del conductor 18. Se conecta una nueva pieza a trabajar 17 -

30

299132



al conductor 18, que queda colocada en la parte inferior 12 de la caja 10. Se acoplan y fijan las porciones 11 y 12, se reanuda el suministro de electrólito y se repite el proceso.

5 Se utiliza el aparato de las figs. 4 y 5 del mismo modo para llevar a efecto el sistema que queda descrito, doblemente, y, de preferencia, simultáneamente, en las superficies opuestas de la pieza de fábrica 47. Cuando se utiliza el circuito de la fig. 6 en lugar del de la fig. 5, se lleva a efecto el sistema del mismo modo, excepto en el hecho de que el elemento conductor más próximo 54 y el elemento —  
10 conductor igualmente más próximo 54' a ambos lados de la pieza 47 quedan conectados simultáneamente por sus respectivos conmutadores 67 y 67' a la fuente de fuerza 65, para constituir un circuito completo para la corriente a través de la pieza bipolar 47. De preferencia, el elemento conductor siguiente 54 ó 54' que ha de llegar la distancia o  
15 separación predeterminada se conecta a la fuente de energía 65 al mismo tiempo que el siguiente elemento conductor 54' o 54 más próximo situado en el lado opuesto de la pieza 47, a fin de igualar las corrientes a través de los elementos conductores individuales 54 y 54'. Similarmente, al llegar más elementos conductores 54 y 54' al hueco o  
20 distancia prefijado, se conectará de preferencia la corriente a los elementos conductores 54 y 54' por pares, un elemento conductor de cada lado de la pieza bipolar a trabajar, 47, a fin de mantener un equilibrio aproximado de corriente a través de los elementos individuales 54 y 54'. Cuando es permisible o preferible, en cambio, que existan  
25 diferentes corrientes en diferentes elementos conductores 54 y 54', pueden conectarse las corrientes en otras formas diversas. La mayor parte de los métodos de regulación de las corrientes individuales y otras características del invento se describen solamente con relación al aparato de las figs. 1-3. Estos métodos y otras características —  
30 son fácilmente adaptables para utilizarse con los aparatos de las figs.



299132

4-6, simplemente mediante duplicación y otras modificaciones menores dentro de la práctica industrial ordinaria.

5 En algunos casos especiales, un operador muy hábil y experimentado puede regular las corrientes individuales que van a los elementos conductores, preferentemente mediante medida ocasional de la corriente, sin haber preparado de antemano un plan específico. De ordinario, sin embargo, es preferible operar de acuerdo con un programa previamente determinado para conectar la corriente a cada elemento conductor de la herramienta cuando su superficie alcanza una distancia predeterminada a partir de la superficie de la pieza a trabajar. Con referencia a las figs. 1-3 y 7, diremos que pueden controlarse las corrientes de una manera sencilla, con arreglo a las posiciones relativas de la herramienta y de la pieza. Como quiera que la superficie superior de la pieza 17 es prácticamente plana y la forma de la herramienta 20 es conocida, puede conectarse la corriente a los diversos elementos conductores individuales 21 de la herramienta 20 cuando la barra de avance de la herramienta 25, alcanza distintas posiciones respectivas previamente determinables.

10 Se ha ilustrado el principio esquemáticamente en la fig. 7.-  
20 Los conmutadores de la fig. 3 se hallan combinados en un conmutador 32a de tipo de contacto múltiple y un sólo polo, según se muestra en la fig. 7, que comprende un contacto móvil 70 fijamente unido a un manguito aislante 71 ajustable sobre la barra 25, pero unido (en una posición fija) a la misma en una posición fija, y una pluralidad de contactos fijos 72, conectados cada uno de ellos a cada resistencia 31. El contacto móvil 70 va conectado por un conductor 73 al terminal negativo de la fuente de energía 30 de la fig. 3, y las resistencias 31 están conectadas a los elementos conductores individuales 21 de la fig. 3. Los contactos fijos 72 se hallan situados de manera que el contacto móvil 70 establece contacto con cada uno de los contactos



299132

5      fijos 72, respectivamente, cuando el elemento conductor 21 conectado al mismo mediante su resistencia 31 llega a la distancia o separación previamente determinada de la superficie de la pieza a trabajar 17.

10      Las posiciones de los contactos fijos 72 entre sí quedan determinadas por la forma de la herramienta 20. La posición del conjunto de contactos fijos 72 con respecto al contacto móvil 70 sobre la barra de avance de la herramienta, 25, se determina estableciendo la posición adecuada del contacto superior 72, que se conecta, naturalmente, al elemento conductor más bajo 21 de la herramienta 20. Esto puede lograrse simplemente haciendo avanzar la barra 25 hasta que el elemento conductor que se extiende más hacia abajo, 21, se pone en contacto con la superficie de la pieza a trabajar 17, y ajustando después las posiciones respectivas de los contactos 70 y 72 de modo que el contacto móvil 70 entre el primero en contacto con el contacto fijo superior 72 en la separación deseada y predeterminada desde esta posición de la herramienta 20 y de la barra de avance 25. Pueden conseguirse, desde luego, ajustes más finos y una mayor exactitud accionando el contacto móvil 70 mediante engranajes de reducción entre el mismo y la barra de avance de la herramienta, 25, mejor que montándolo directamente sobre la misma como se ha representado para mayor simplicidad en la fig. 7. Pueden también disponerse otros refinamientos obvios, de detalle. Así, por ejemplo, podrían conectarse los contactos 70 y 72 del conmutador 32a a unos relés para accionar los conmutadores individuales 32 de la fig. 3, no quedando así sometidos a las fuertes corrientes necesarias en el procedimiento de trabajo electroquímico.

20      La fig. 8 representa esquemáticamente una instalación en la que las superficies yuxtapuestas de la herramienta 20 y la pieza 17 avanzan la una hacia la otra a una velocidad uniforme y se regulan las corrientes de acuerdo con el tiempo durante el cual han avanzado

30

299132



así las superficies. El conmutador 32a de la fig. 7 se ha reempla-  
do en el circuito de la fig. 8 por un conmutador-cronometrador 32b -  
que posee un contacto rotativo 75 y una pluralidad de contactos fijos  
76. El contacto giratorio 75 está conectado por un conducto 77 al -  
5 terminal negativo de la fuente de energía 30 de la fig. 3, y los con-  
tactos fijos 76 van conectados a la resistencia 31, un contacto a ca-  
da una de las resistencias. Las resistencias 31 están conectadas con  
los elementos conductores individuales 21 de la fig. 3. Se acciona -  
la barra 25 avanzante de la herramienta 20 según se indica por la fle-  
10 cha 19, a una velocidad uniforme predeterminada y el contacto girato-  
rio 75 del conmutador-cronometrador 32b gira a una velocidad uniforme  
predeterminada. Los contactos fijos 76 se hallan colocados de tal mo-  
do que partiendo la barra 25 de avance de la herramienta y el contac-  
to giratorio 75 de posiciones respectivas adecuadas, previamente de-  
15 terminadas, y accionados a sus velocidades respectivas uniformes pre-  
viamente determinadas, el contacto giratorio 75 toca cada uno de los  
contactos fijos 76, respectivamente, cuando el elemento conductor 21  
conectado al mismo mediante su resistencia 31 alcanza la separación o  
hueco predeterminado a partir de la superficie de la pieza a trabajar  
20 17. Las posiciones de los contactos fijos 76 entre sí están determina-  
das por la forma de la herramienta 20, mientras que las velocidades y  
posiciones de partida de la barra de avance de la herramienta, 25, y  
el contacto giratorio 75 se determinan mediante simple cálculo y ajus-  
te. Una vez calibrado para una herramienta dada 20, puede utilizarse  
25 el sistema repetidamente, proporcionando productos acabados exactos y  
reproducibles.

Si bien se prefieren, de ordinario, las regulaciones automá-  
ticas de las figs. 7 y 8, el método ilustrado en la fig. 7 puede du-  
plicarse accionando los respectivos conmutadores 32 manualmente quan-  
do la barra 25 de avance de la herramienta alcanza las adecuadas posi-  
30



299132 24

ciones previamente determinadas, según se observan sobre un dial o por otro medio adecuado indicador de posición. De manera similar, puede duplicarse el método ilustrado por el sistema de la fig. 8, manualmente, accionando los respectivos conmutadores 32 en tiempos apropiados y previamente determinados según la indicación de un reloj de detención u otro dispositivo cronometrador.

La fig. 9 muestra un circuito similar al de la fig. 3 pero en el que se ha añadido un aparato mediante el cual las corrientes conectadas a los elementos conductores de la herramienta se regulan por separado en respuesta a valores detectados correspondientes a las distancias existentes entre las superficies de los elementos conductores y la pieza de fábrica a trabajar. Como ocurre en el circuito de la fig. 3, la pieza 17 está conectada por el conductor 18 al terminal positivo de la fuente de energía 30, y cada elemento conductor 21 de la herramienta 20 está conectado por su conductor 23 a una resistencia 31, que está conectada mediante un conmutador 32 al terminal negativo de la fuente de energía 30. El circuito de la fig. 9 contiene también un medidor de corriente 80 (tal como un amperímetro o un miliamperímetro, y que puede ser un medidor-registro) entre cada conductor 23 y resistencia 31, y un conmutador 81, entre la fuente de energía 30 y los conmutadores 32. Un solenoide relé 82 y una resistencia ajustable 83 van conectados a través de cada resistencia 31, estando situado el solenoide relé 82 en forma que actúa sobre su conmutador asociado 32, normalmente abierto, cuando fluye una corriente deseada y predeterminada en dirección a su elemento conductor asociado 21 de la herramienta 20.

Conectado al extremo superior de cada resistencia 31 se halla un conmutador 84 accionado por un solenoide 85 para establecer conexión con un conmutador 86 de doble posición y un sólo polo. Con los conmutadores 81 y 86 en las posiciones que aparecen en la fig. 9,

299132

24 APR 1954



se conectan los conmutadores 84 al terminal negativo de la fuente de energía 30. Con el conmutador 86 en su otra posición, se conectan los conmutadores 84 a un terminal de una fuente de voltaje 87, cuyo otro terminal va conectado a la pieza a trabajar 17. Un pulsador periódico 88 excita los solenoides 85 a intervalos predeterminados haciéndoles cerrar los conmutadores normalmente abiertos 84. Cuando se cierra el conmutador 89, el pulsador periódico 88 excita también el solenoide 90 haciéndole abrir el conmutador normalmente cerrado 81.

El circuito de la fig. 9 puede utilizarse para regular las corrientes conectadas a los elementos conductores de la herramienta que responden por separado a los valores detectados de las distancias entre las superficies de los elementos conductores y la pieza a trabajar. Las distancias entre la pieza y los elementos conductores individuales se detectan en función de la resistencia del electrolito existente entremedias. La resistencia del electrolito entre la pieza a trabajar y un elemento conductor dado se mide periódicamente aplicando un voltaje conocido entremedias y midiendo la corriente resultante. En intervalos previamente determinados, el pulsador periódico 88 excita los solenoides 85, haciendo que estos cierren los conmutadores 84, aplicando voltaje a los elementos conductores 21 desde la fuente de energía 30, mientras los solenoides 85 son excitados por la pulsación procedente del pulsador periódico 88. Preferentemente se aplica el voltaje durante un tiempo menor de una décima parte del período existente entre sucesivas aplicaciones del voltaje. Así, el pulsador periódico 88 puede suministrar típicamente una pulsación de un segundo cada quince segundos, haciendo que el voltaje se aplique a los elementos conductores 21 a través de los conmutadores 84 una quinta parte del tiempo.

La corriente a través de cada elemento conductor 21 fluye también a través de la resistencia 31 y del medidor de corriente 80 co

289152

24



neotados en serie. La caída de voltaje en la resistencia 31 es aplicada al solenoide 82 y a la resistencia ajustable 83 conectada a la misma. Se ajusta la resistencia de modo que haga al solenoide 82 cerrar el conmutador 32 cuando la corriente que pasa por el medidor 80 y el elemento conductor 21 iguala o excede a una magnitud predeterminada que se obtiene cuando la superficie del elemento conductor 21 alcanza la separación o hueco deseado y predeterminado a partir de la superficie de la pieza de fábrica a trabajar 17.

Al avanzar la herramienta 20 hacia la pieza 17, el elemento conductor central 21 es el primero que alcanza la separación o hueco deseado. En este momento, la corriente que lo atraviesa y su resistencia 31 es suficientemente grande para ocasionar una caída de voltaje a través del solenoide 82 suficiente para hacer que cierre el conmutador 32 asociado al elemento conductor central 21. Mientras no se produzcan condiciones especiales, la distancia o hueco existente permanece siendo aproximadamente la misma y la fuente de voltaje 30 queda conectada al elemento conductor central 21 a través de su conmutador 32, que es mantenido en posición cerrada por el solenoide 82. Los solenoides 82 y conmutadores asociados 32 estarán diseñados preferentemente de modo que el conmutador 32 pueda mantenerse cerrado con una corriente ligeramente más pequeña aplicada al elemento conductor 21 de la que se requiere para cerrar el conmutador 32 en el primer lugar. Esto evita la operación errática que pudiera resultar de ligeros cambios en la corriente si el sistema fuese excesivamente sensitivo.

A continuación, el elemento conductor de la derecha, 21, llega al hueco o separación deseada y queda conectado a la fuente de energía 30 por medio de su conmutador 32 a partir de este momento en adelante. Después, se conecta el elemento conductor de la izquierda 21 a la fuente de energía 30 por medio de su conmutador 32. La acción de cada solenoide 82 proporciona una medida de la resistencia del elec



299132

5. trófito y regula la corriente aplicada a su elemento conductor 21 sobre la base de paso normal o paso interrumpido. Cuando se desea variar la magnitud de la corriente, así como regular la conmutación respecto a la fuente de energía 30, puede reemplazarse el solenoide 82 por un servo-sistema, o combinarlo con el mismo, para regular el ajuste de la resistencia variable 31.

10 Si bien se prefiere la regulación automática, de ordinario, pueden regularse las corrientes manualmente por un operador que cierre los conmutadores 32 periódicamente y lea los aparatos medidores 80, dejando cerrado el conmutador 32 si la corriente iguala o excede una magnitud previamente determinada. El operador puede también ajustar las resistencias 31 de vez en cuando, si se desea. Para el control manual, no es necesaria una gran parte de los circuitos de la fig. 9. De hecho, es suficiente el circuito de la fig. 3 con un dispositivo de medición conectado en serie con cada elemento conductor 15 21, para la regulación manual. Para simplificar la regulación de las corrientes, pueden construirse los elementos conductores 21 de modo que cada uno tenga la misma superficie en contacto con el electrólito. Puede emplearse el circuito de la fig. 9 cuando las superficies sean 20 diferentes, sin embargo, ya que la actuación de cada solenoide 82 se regula fácilmente por medio de su resistencia ajustable asociada 83.

25 Cuando se prefiere no utilizar la misma fuente de energía 30 para extraer material electrolíticamente y para detectar la separación, puede accionarse el conmutador 86 a su otra posición en la que conecta los conmutadores 84 a la fuente de voltaje 87. Ordinariamente, resulta deseable también cerrar el conmutador 89 de modo que el pulsador periódico 88 hará que el solenoide 90 abra el conmutador 81 y desconecte la fuente de energía 30 del circuito durante los intervalos 30 periódicos cuando la fuente de voltaje 87 está conectada en el circuito a través de los conmutadores 84. El funcionamiento es similar al

299132



que acaba de describirse, excepto en el hecho de que el voltaje suministrado por la fuente 87 puede ser de magnitud diferente, o de tipo diferente, o ambas cosas, que la fuente de energía 30, y los conmutadores 32 estarán diseñados para responder a los solenoides 82 cuando éstos los excitan.

En algunos casos, la fuente de voltaje 87 puede suministrar un voltaje alterna al circuito, respondiendo al mismo los conmutadores 32 y estando contruidos de manera que, una vez cerrados permanecen cerrados hasta que se abren manualmente o bajo una condición previamente determinada, tal como el principio de la pulsación siguiente de el pulsador periódico 88. Una ventaja de utilizar corriente alterna, especialmente a altas frecuencias (unos 20 kc y superiores), es que la distancia entre cada elemento conductor 21 y la pieza de taller a trabajar 17 es directamente proporcional a la resistencia del electrólito que se halla entremedias. Esto simplifica cualquier regulación que se desee de la magnitud de la corriente en función de la distancia de separación. Por otra parte, cuando se mide la resistencia a la corriente directa, la relación entre la resistencia total y el espacio entre el elemento conductor 21 y la pieza 17 no es la de simple proporcionalidad. La resistencia a la corriente continúa es una función más complicada que el factor distancia de separación, y aumenta según aumenta esta separación. Así, las medidas de corriente continúa son menos adecuadas que las medidas de corriente alterna para regular la magnitud de la corriente en función de la distancia de separación, pero son convenientes cuando ha de regularse la corriente sólo entre las posiciones de encendido y apagado.

En un método en el que la distancia entre la pieza a trabajar 17 y un elemento conductor dado 21 se mide periódicamente en función de la resistencia del electrólito que fluye entre ambos, puede obtenerse una alta exactitud empleando un circuito que comprende la resisten



299132

cia del electrólito entre dos superficies conductoras de superficie y espaciamiento conocidos, a fin de evitar inexactitudes que tendrían lugar de lo contrario por variación en la capacidad de resistencia del electrólito. Este circuito se ha representado en la fig. 10. La caja 10 y el aparato que contiene son los mismos que en las figs. 1 y 2. Unos electrodos reguladores 94 y 95 van montados herméticamente respecto a los líquidos, según se ha representado, en un bloque 96 de peliestireno u otro material aislante. Se establece un paso 97 en el bloque 96, por el que fluye el electrólito procedente del conector de entrada 98, según se ha indicado por la flecha 99, hasta el conector de entrada 15a de la caja 10, que está adaptado para servir también como conector de salida al bloque 96. El electrólito fluye desde aquí, según las flechas 27, 28 y 29, por el hueco existente entre la herramienta 20 y la pieza 17 y después por el orificio de salida 14 y el conector de salida 16.

Para evitar todo cambio en el espaciamiento entre ellos, los electrodos 94 y 95 poseen de preferencia superficies de platino u otro material conductor que es resistente a la extracción anódica con el electrólito utilizado en el proceso de extracción electrolítica, en la caja 10. Los electrodos 94 y 95 se montan separados por una distancia conveniente, de preferencia no superior a unas 30 milésimas de pulgada. Para mayor simplicidad, la distancia de separación entre los electrodos 94 y 95 puede ser la misma que se haya dispuesta entre los elementos conductores 21 y la pieza 17, y cuando los elementos conductores 21 tienen superficies iguales en contacto con el electrólito, los electrodos 94 y 95 pueden tener la misma superficie. Los electrodos 94 y 95 y el electrólito que queda entre ambos forman un brazo de un circuito puente Wheatstone entre los puntos B y A, mientras que un elemento conductor 21, la pieza 17 y el electrólito entre ambos, forman otro brazo del puente, entre los puntos B y



# 299132

G. Una resistencia ajustable 100 comprende el tercer brazo del puente, entre los puntos A y D, y otra resistencia ajustable 101 forma el cuarto brazo del puente entre los puntos D y G. Se conecta una fuente de voltaje alterno 102 entre los puntos A y G. Un dispositivo de detección, representado en la fig. 10 como un solenoide 103, va conectado entre los puntos B y D. El solenoide 103, al excitarse, mantiene abierto un conmutador 104, normalmente cerrado, que cuando se halla cerrado conecta el elemento conductor 21 al terminal negativo de una fuente de energía en corriente continua 105, cuyo terminal positivo va conectado por medio del conductor 18 a la pieza a trabajar 17. El conmutador 104 está construido de modo que después de mantenerse abierto bajo la acción del solenoide excitado 103, y cerrándose bajo la desexcitación del solenoide 103, dicho conmutador 104 permanece cerrado hasta volver a montarse manualmente o bajo una acción previamente determinada y se abre mediante el solenoide 103.

Las resistencias 100 y 101 se ajustan de modo que el puente se equilibra cuando el elemento conductor 21 alcanza la distancia de separación predeterminada desde la pieza 17. Al avanzar la herramienta 20 hacia la pieza 17, se desequilibra el puente y éste proporciona una diferencia de potencial entre los puntos B y D que excita el solenoide 103 haciendo que mantenga el conmutador 104 en posición abierta según se ve en la fig. 10. Cuando la herramienta 20 avanza hasta la posición en la que el elemento conductor 21 alcanza la distancia de separación deseada desde la pieza de taller 17, se equilibra el puente, deja de existir diferencia de potencial entre los puntos B y D, se desexcita el solenoide 103, y el conmutador 104 pasa a su posición normalmente cerrada, conectando la fuente de energía 105 al elemento conductor 21. Para mayor claridad, la fig. 10 muestra el circuito puente típico conectado a un elemento conductor 21 de la herramienta 20. Cada elemento conductor 21 está preferentemente conectado en for

20132

24 JUN 1954



ma individual y en una secuencia predeterminada al circuito puente, -  
ya manual, ya automáticamente, a lo largo de sus propios solenoides  
asociados 103 y conmutador de relé 104.

5 En algunos casos, como cuando la superficie de la pieza a -  
trabajar 17 es sensiblemente áspera, puede ser preferible regular la  
corriente conectada a un elemento conductor dado en respuesta a un va  
10 lor detectado de la distancia existente entre los puntos más próximos  
del elemento conductor y de la pieza a trabajar. Esto puede hacerse  
utilizando el circuito de la fig. 9 con el conmutador 86 accionado -  
en su posición superior, conectando el circuito a la fuente de volta  
je 87. A este fin, la fuente de voltaje 87 suministra entre el ele  
15 mento conductor 21 y la pieza 17 un voltaje suficiente para hacer bro  
tar una chispa a través de la distancia predeterminada en el electró  
lito a la que se desea suministrar una corriente a través del elemen  
to conductor 21. El pulsador periódico 88 hace que la fuente de vol  
taje 87 sea periódicamente conectada como en los otros sistemas des  
critos con respecto a la fig. 9. Cada resistencia regulable 83 es -  
ajustada de modo que su solenoide 82 cierra el conmutador 32 sólo --  
cuando la corriente que pasa por el medidor de corriente 80 y por el  
20 elemento conductor 21 es la gran corriente producida cuando el volta  
je origina una chispa entre el elemento conductor 21 y la pieza 17.  
Esta es una corriente bastante mayor que la obtenida con el mismo vol  
taje a través del electrólito cuando los puntos más próximos del ele  
mento conductor 21 y la pieza 17 están lo suficientemente separados  
25 para impedir que se produzca chispa.

Puede llevarse a efecto el método manualmente en lugar de -  
hacerlo automáticamente, si así se desea. Simplemente, el operador  
habrá de leer cada aparato medidor de corriente 80 y si la corriente  
que le atraviesa excede sensiblemente del tipo de corriente obtenido  
30 sin producción de chispa, ello indicará que el voltaje procedente de



132

la fuente 87 ha producido una chispa entre los puntos más próximos del elemento conductor 21 y de la pieza 17, lo cual significará que la distancia entre los puntos más próximos es igual o inferior a la distancia o hueco de separación, y el operador cerrará el conmutador 32.

Otro sistema para detectar no sólo si los puntos más próximos se hallan dentro de una distancia previamente determinada, sino también cuál es la distancia entre los puntos más próximos, se halla ilustrado en la fig. 11. Un generador de diente de sierra 110 produce un voltaje que periódicamente aumenta con el tiempo, según se indica por la forma de onda en 111. El generador 110 puede comprender sencillamente una fuente de voltaje, un potenciómetro accionado a motor, y un relé de sobrecarga, u otro circuito electrónico equivalente cuyo detalle no ofrecerá duda a los expertos en el ramo. La salida del generador de diente de sierra 110 va conectada a un voltímetro de registro 112. Cuando se cierra periódicamente el conmutador 113, ya sea por la acción del operador, ya por un pulsador periódico como en la fig. 9, la salida del generador de diente de sierra 110 queda conectada entre un elemento conductor 21 y la pieza 17.

En ausencia de chispa entre el elemento conductor 21 y la pieza 17, el generador de diente de sierra 110 proporciona un voltaje de salida que aumenta desde el momento en que se cierra el conmutador 113 hasta un valor máximo, según se indica por la parte punteada de la onda que aparece en 111. Este voltaje máximo es más que suficiente para producir una chispa a distancias que se hallen dentro del margen del funcionamiento y regulación deseados en el proceso de trabajo electroquímico. Así, cuando la distancia entre los puntos más próximos del elemento conductor 21 y de la pieza 17 está comprendida en el margen deseado, se produce una chispa antes de que la salida del generador de diente de sierra 110 alcance el voltaje máximo que es capaz de producir. Cuando se produce la chispa, un relé de sobre-

289132



5 carga u otro medio respondiente a la carga en el circuito del genera-  
dor de diente de sierra 110 hace que el voltaje de salida deje de ele  
varse después de alcanzar un valor intermedio (como cuando el genera-  
dor de diente de sierra 110 comprende esencialmente un circuito de car  
10 ga de condensador) según indicado en la parte de línea de trazo segui  
do de la onda que aparece en 111. Si la resistencia entre el genera-  
dor de diente de sierra 110 y el elemento conductor 21 y la pieza a -  
trabajar 17 es despreciable, el voltaje cae prácticamente a cero, co-  
mo lo indica la línea de trazo seguido en 111, debido al cortocircui-  
to esencial que resulta de la producción de chispa. Cuando la resisten  
15 cia no es despreciable, por el contrario, pueden instarlarse medios -  
respondientes a la carga tales como un relé de sobrecarga en el gene-  
rador de diente de sierra 110 para reducir sustancialmente el voltaje  
de salida o para desconectarlo, cuando la corriente de salida aumenta  
20 sensiblemente debido a la producción de chispa entre el elemento con-  
ductor 21 y la pieza 17.

El voltímetro de registro 112 indica la magnitud del voltaje  
que produjo la chispa, proporcionando un ajuste según se indica en 114  
de un regulador de corriente 115 respondiente a la magnitud del volta  
20 je correspondiente a la chispa. El regulador de corriente 115 puede  
comprender cualquier servo-sistema apropiado para suministrar las co-  
rrientes deseadas a través del elemento conductor 21 según sea la dis-  
tancia entre los puntos más próximos del elemento conductor 21 y de -  
la pieza a trabajar 17, y según indique el voltímetro de registro 112,  
25 regulándose las corrientes que pasan por los elementos conductores 21  
mediante el ajuste de los voltajes suministrados.

Una de las ventajas de los sistemas de descarga de chispa en  
la operación de regulación es la de que están basados en la distancia  
existente entre los puntos más próximos del elemento conductor y de la  
30 pieza a trabajar, consiguiéndose así una mejor protección contra la -

299132



5 producción de chispa, producción de arco voltaico o cortocircuito en el proceso de extracción electrolítica que con los métodos descritos anteriormente, que detectan la distancia media entre el elemento conductor y la pieza a trabajar. Otra ventaja de los métodos con descarga de chispa es la de que son independientes de la extensión superficial del elemento conductor. Así, los elementos conductores en una herramienta no precisan poseer todos ellos la misma extensión superficial y ni siquiera es necesario conocer las extensiones superficiales. Los métodos que comprenden descarga de chispa tienen la desventaja de que pueden producir un ligero daño a la herramienta y a la pieza. El voltaje de chispa no deberá aplicarse con mayor frecuencia de lo necesario para el adecuado control, a fin de limitar el daño a proporciones despreciables. En ciertos casos, es deseable una combinación de un sistema de descarga de chispa con un sistema de regulación por resistencia.

10 Una ventaja importante de todos los sistemas de regulación de corriente a los elementos conductores de la herramienta por separado es que proporcionan una mayor exactitud en la conformación de la que puede obtenerse con una herramienta de una pieza o con una herramienta compuesta de segmentos no aislados entre sí. Otra importante ventaja de una regulación separada, incluso las regulaciones más simples de encendido y apagado, es la de que se reduce la cantidad de material que se extrae por encima de lo necesario para llegar a proporcionar la forma deseada. Según se indica más arriba, en el trabajado electroquímico con una herramienta bloque, se extrae el material simultáneamente no sólo de las superficies que contienen metal en exceso, sino también (en menor proporción debido a ser el espacio de separación mayor) de las otras superficies. Para evitar inexactitudes en la pieza de fábrica acabada, es necesario por lo general que la pieza forjada en bruto sea bastante más gruesa que el producto final desea-

24  
299132



5 de. No obstante, utilizando una herramienta segmentada como en el —  
presente invento, y suministrando inicialmente corriente sólo a los —  
elementos conductores de la herramienta opuestos a las superficies que  
poseen el mayor exceso de material, y regulando la magnitud de las co  
rrientes en cualquier extensión deseada durante la operación, se ob—  
tiene una exactitud mucho mayor y se minimiza la cantidad de exceso a  
suprimir. Así, puede reducirse el material excedente previsto en la  
pieza en bruto en buena proporción, con la consiguiente economía en —  
costo de materiales y de trabajado.

10 De modo similar, cuando se trata de efectuar una cavidad — —  
electroquímicamente, según las figs. 1 y 2, utilizando una herramien—  
ta bloque, ha de extraerse una cantidad importante de material del —  
extremo derecho de la cavidad antes de haber sido suprimido el mate—  
rial del extremo izquierdo hasta lograr la profundidad deseada, y se—  
15 rá necesario penetrar aún más antes de obtener la forma adecuada se—  
bre toda la cavidad. Empleando la herramienta segmentada de las figs.  
1 y 2, el segmento del extremo derecho no recibe corriente alguna has—  
ta poco antes del final de la operación y la totalidad de la cavidad  
recibe la forma apropiada, como en la fig. 2, con sólo un mínimo de —  
20 penetración más allá de la profundidad que se desea.

Otra ventaja que proporciona la presente invención es la de  
brindar protección contra los daños importantes originados por los —  
cortocircuitos. En las operaciones de electro-conformación, se produ—  
cen con bastante frecuencia cortocircuitos accidentales debido a con—  
tactos inadvertidos entre la herramienta cátodo y la pieza a trabajar.  
25 Con el empleo de los antiguos métodos, donde se emplean comunmente co  
rrientes de 1.000 a 10000 amperios con una herramienta de una sola —  
pieza, el contacto entre la pieza a trabajar y la herramienta produ—  
ce un arco perjudicial en el que fluye una corriente muy alta a tra—  
30 vés de una pequeña superficie del electrodo. Esto puede dar origen a

299132

24 AR



5 un gran surco en la herramienta que destruya su precisión, y a un sur-  
co o una zona dañada por el calor, en la pieza a trabajar, que obliga  
rá a desecharla. Cuando se perforan pequeños orificios o en otras --  
operaciones en que la superficie y la corriente total son pequeñas, -  
es posible suministrar cierta protección contra los arcos perjudicia-  
les por medio de la inclusión de una resistencia autorreguladora en -  
el circuito. Por ejemplo, al perforar un agujero a razón de un ampe-  
rio y seis voltios con una resistencia autorreguladora de tres ohmios  
en el circuito, si la resistencia de electrólisis es de seis ohmios y  
10 si ésta desaparece de pronto debido a un cortocircuito, la corriente  
quedará limitada por la resistencia autorreguladora a tres amperios,-  
minimizando así el daño. En una gran operación de electroconforma- -  
ción en la que se utilice una herramienta bloque, es impracticable el  
empleo de una resistencia autorreguladora y debido a la fuerte corrien-  
te suministrada, una resistencia autorreguladora proporcionaría tan -  
15 sólo una protección pequeña, por no decir nula. Sin embargo, con un  
electrodo segmentado sí es posible utilizar una resistencia autorregu-  
ladora y proteger grandes herramientas segmentadas con gran efectivi-  
dad, ya que la corriente aplicada a cada segmento es lo suficientemen-  
20 te pequeña para permitir insertar resistencias autorreguladoras efec-  
tivas en cada circuito destinado a un segmento sin pérdidas indebidas  
de energía.

25 Las resistencias 31 de las figs. 3 y 9, las resistencias 61  
y 61' de la fig. 5, y las resistencias 66 y 66' de la fig. 6 sirven -  
como resistencias autorreguladoras protectoras, así como de medios de  
ajuste de voltaje y de corriente. Cuando no se precisa realizar ajust  
te, estas resistencias pueden reemplazarse por resistencias fijas, o  
bien los hilos que comunican los elementos conductores a los conmuta-  
dores o la fuente de energía pueden establecerse de tal dimensión y -  
30 longitud que proporcionen la deseada resistencia autorreguladora..

299132



Otra ventaja de utilizar una herramienta que comprenda una pluralidad de elementos conductores, y de aislarlos entre sí, es la que se revela en la fig. 12, donde se suministra la corriente conectando dos elementos conductores, por lo menos, 21, a una fuente de energía 120, de manera que fluya la corriente desde uno de los miembros 21 así conectado, a través del electrólito, hasta la pieza de fábrica a trabajar 17, y de ésta, por el electrólito, hasta otro elemento 21 así conectado; la pieza 17 conducirá así la corriente en forma bipolar. Según se ve en la fig. 12, el primero, tercero, y quinto elementos conductores 21 van conectados por un conductor 121 a un terminal de la fuente de energía 120, en tanto que el segundo, el cuarto y el sexto elementos 21 van conectados por un conductor 122 al otro terminal de la fuente de energía 120. Según se ha indicado en 123, la fuente de energía 120 comprende típicamente un suministro de bajo voltaje y alto amperaje de corriente alterna, que puede ser de frecuencia comercial ordinaria, o de corriente continua periódicamente invertida, de modo que la mitad de los elementos conductores 21 son, alternamente, catódicos y anódicos, mientras que la otra mitad son, alternamente, anódicos y catódicos, conduciendo la superficie superior de la pieza de fábrica 17 la corriente entremedias en forma bipolar. Las superficies de los elementos conductores 21 comprenden de preferencia platino u otro material conductor resistente a la extracción anódica con el electrólito en uso.

La fig. 13 muestra el circuito bipolar básico de la fig. 12 duplicado para uso con un par de herramientas como en la fig. 4. Unos elementos conductores alternados, a cada lado de la pieza 47 se hallan conectados por un conductor 125 a un terminal de la fuente de energía 124, mientras que la otra mitad de los elementos conductores 54 y 54<sup>r</sup> están conectados por un conductor 126 al otro terminal de la fuente de energía 124. Según se indica en 127, la fuente de energía 124 —



299132

comprende típicamente un suministro de corriente alterna o de corriente continua periódicamente invertida. La operación es similar a la descrita para la fig. 12, y una parte de la corriente fluye a través de la pieza a trabajar 47 de arriba a abajo y de abajo a arriba entre los elementos conductores 54 y los elementos conductores 54<sup>1</sup> conectados a terminales opuestos de la fuente de energía 124, como en el circuito de la fig. 6.

La fig. 14 muestra un método de funcionamiento bipolar similar al de la fig. 12, en el que los elementos conductores van conectados en, por lo menos, un grupo de tres a una fuente de corriente alterna trifásica, estando los elementos de cada grupo respectivamente conectados a las tres salidas de fase individual de dicha fuente de energía. Según se ha ilustrado en la fig. 14, el primero y el cuarto de los elementos conductores 21 de la herramienta 20 están conectados por un conductor 131 a la salida de una fase A de la fuente de energía 130, el segundo y el quinto elementos conductores 21 van conectados por un conductor 132 a una salida B de la segunda fase de la fuente de energía, mientras que el tercero y el sexto de los elementos conductores 21 van conectados por un conductor 133 a la salida C de la tercera fase de la fuente de energía. La pieza 17 conduce en forma bipolar respecto a los elementos conductores 21 y la operación es similar a la de la fig. 12, excepción hecha de que las corrientes en los elementos conductores 21 se hallan 120° fuera de fase en el circuito de la fig. 14, en lugar de 180° fuera de fase como en el caso del circuito de la fig. 12. Las superficies de los elementos conductores 21 comprenden, de preferencia, platino u otro material conductor resistente a la extracción anódica con el electrólito en uso. -- Cuando resulta inconveniente efectuar una conexión eléctrica a la pieza a trabajar 17, es preferible suprimir la conexión indicada por la línea de trazos 134 del terminal común N de la fuente de energía tri-

299132



fásica 130 a la pieza 17. Puede hacerse, en cambio, la conexión indicada en 134 cuando se desee establecer la conexión a los cuatro terminales de un suministro de corriente trifásica conectado en Y. Con tal conexión, las superficies de los elementos conductores 21 pueden comprender titanio, tántalo, u otro material que proporcione una acción rectificadora. Con tales superficies, el circuito de la fig. 14 con inclusión de la conexión 134 proporciona una acción rectificadora de media onda que opera en forma que la pieza a trabajar 17 es siempre anódica y cada elemento conductor 21 alterna entre condición catódica y condición no conductora.

La fig. 15 ilustra un sistema similar al de la fig. 14, en el que se han empleado dos herramientas como en las figs. 4 y 13. Los elementos conductores 54 y 54<sup>1</sup> se encuentran conectados por medio de conductores 136, 137 y 138 a una fuente de energía trifásica 135, según se ha representado, y, respectivamente; a las tres salidas de fase individuales A, B, y C, respectivamente. Cuando así se desea, por ejemplo para rectificar el funcionamiento, puede conectarse la pieza 47 al terminal común N de un suministro de cuatro conductores conectados en Y, 135, como se indica en la línea de trazos 139. El funcionamiento es similar al de la fig. 14, existiendo varias corrientes que pasan de arriba a abajo y de abajo a arriba de la pieza 47 entre los elementos conductores 54 y los elementos conductores 54<sup>1</sup> asimismo, como en el caso del circuito de la fig. 13. En sistemas anteriores en los que se utilizara una herramienta compuesta de una sola pieza, la pieza a trabajar había de conectarse a la fuente de energía, no pudiéndose adaptar tales sistemas al funcionamiento bipolar tal como en las figs. 12 y 14. En los sistemas antiguos de conformación de hojas de turbina y otras operaciones en las que se emplearan dos herramientas, compuestas cada una de una sola pieza, es posible el funcionamiento bipolar sólo con corriente continua invertida y corriente alterna mo-



299132

nofásica. El presente invento permite el funcionamiento bipolar empleando corriente alterna trifásica como en la fig. 15.

Los circuitos de las figs. 12, 13, 14 y 15 no exigen que las piezas a trabajar se conecten a las fuentes de energía. Sin embargo, excepto cuando se emplean las conexiones reflejadas en la línea de trazos que se ve en las figs. 14 y 15, las distancias de separación entre las piezas a trabajar y los electrodos habrán de ser bastante menores que el grueso del aislamiento entre los segmentos del electrodo. Si las separaciones entre los electrodos y las piezas a trabajar son demasiado grandes con respecto al espacio entre los segmentos de electrodo, la mayor parte de la corriente fluirá a través del electrólito entre los segmentos, en lugar de fluir de un segmento a la pieza y de la pieza a otro segmento.

Para mayor simplicidad, las resistencias y conmutadores, según representados en las figs. 3, 5, 6 y 9 se han omitido en las figs. 12 a 15. Los diversos ajustes y regulaciones de corriente manuales y automáticos que se han descrito con respecto a otras figuras de los planos pueden emplearse adecuadamente en la práctica de los sistemas ilustrados en las figs. 12 a 15.

En los funcionamientos en que se utilizan herramientas segmentadas con arreglo al presente invento, pueden producirse condiciones como cuando se conecta el voltaje a un elemento conductor y no a un elemento conductor adyacente en que un elemento conductor pueda tener por sí a funcionar como electrodo bipolar entre un elemento conductor adyacente y la pieza a trabajar. En las operaciones en que puedan darse tales condiciones, resulta preferible que las superficies activas de los elementos conductores de la herramienta comprendan un material esencialmente libre de disolución electrolítica anódica en el electrólito. Un material preferente es el platino, ya que resiste adecuadamente a la disolución anódica en los electrólitos comúnmente



299132

5

10

15

20

25

30

usados en los procedimientos de trabajado electroquímico, tales como los que contienen ácido sulfúrico, cloruro de sodio o sus mezclas, así como electrólitos alcalinos tales como hidróxido sódico. El paladio, las aleaciones con base de platino y las aleaciones con base de paladio ofrecen también una excelente resistencia al ataque anódico en la mayor parte de los electrólitos. No obstante, cuando tiene lugar alguna de tales acciones bipolares, puede extraerse una pequeña cantidad de material de la pieza a trabajar en la zona adyacente a las superficies catódicas de los elementos conductores que efectúan la conducción en forma bipolar. Para impedir la acción bipolar, las superficies activas de los elementos conductores de la herramienta pueden comprender un material que se haga pasivo cuando se hace anódico en el electrólito. El titanio, el tántalo y ciertas aleaciones con base de titanio se pasivizan cuando se hacen anódicos en la mayor parte de los electrólitos comúnmente empleados, tales como los electrólitos de ácido sulfúrico y de cloruro sódico, de amplia utilización. El níquel se pasiviza cuando se hace anódico en electrólitos alcalinos, tales como el hidróxido sódico y el hidróxido potásico. Así, para impedir la acción bipolar, las superficies activas de los elementos conductores de la herramienta pueden comprender titanio o tántalo, y cuando el electrólito es alcalino las superficies activas pueden comprender níquel. Estos materiales son menos costosos que el platino y pueden trabajarse casi con la misma facilidad que el acero inoxidable. Resisten al flujo de la corriente bipolar, ya que las superficies anódicas se pasivizan, protegiendo tanto el elemento conductor de la herramienta como la pieza a trabajar adyacente al mismo, de la disolución anódica indeseable.

Pueden emplearse diversos diseños y métodos de construcción de electrodos segmentados para proporcionar la variedad de configuraciones de herramienta requeridas en la electroconformación. La cons-

388132

24 A



trucción depende de la configuración y de la exactitud deseada, así como de factores económicos tales como la vida útil exigida a las herramientas en términos del número de piezas idénticas a producir.

5 Las figs. 16 y 17 representan una herramienta compuesta de segmentos metálicos cuadrados de igual superficie 145, separados entre sí por un adecuado aislamiento 146. Como anteriormente se ha expuesto, cada segmento puede ser parte de un circuito eléctrico paralelo separado con medios para la determinación de distancia de separación y regulación de voltaje. Puede utilizarse el electrodo de las 10 figs. 16 y 17 para formar una cavidad de forma rectangular de fondo plano. También puede usarse para conformación eléctrica, a fin de producir una superficie plana o una pieza de fábrica inicialmente irregular.

15 La fig. 18 muestra una herramienta compuesta de segmentos redondos de igual superficie, 147, separados entre sí por un aislamiento 148. Se prefieren en ocasiones los segmentos redondos a los cuadrados debido a su fácil adaptación a la forma de hilo o varilla. Los segmentos redondos pueden presentar cualquier diámetro entre 0,001 pulgada y media pulgada, aproximadamente, o incluso más. Por ejemplo, 20 el diámetro de hilo puede ser de 0,004 pulgada, con una separación de 0,001 pulgada de aislamiento en los puntos más próximos. Cuando el diámetro de segmento es de 1/8 de pulgada, con una capa de aislamiento de 0,001, habrá de 64 a 70 segmentos por pulgada cuadrada.

25 Si la forma a dar a la pieza que se trabaja es de sección transversal uniforme, los elementos conductores de la herramienta pueden ventajosamente comprender laminaciones situadas en planos perpendiculares al plano de la sección transversal uniforme. Las figs. 19 y 20 representan una herramienta de este tipo en la que los segmentos son rectángulos oblongos 149 separados por el aislamiento 150. Tal 30 herramienta es de construcción simple, y en su fabricación puede uti-

239132 24



lizarse la tecnología de hacer núcleos de transformador laminados.

La fig. 16 representa también una fase en la construcción de un electrodo de herramienta con una superficie contorneada. El contorno deseado de la cara activa del electrodo puede formarse por cualquiera de las técnicas ordinarias de trabajado a máquina, tales como fresado y pulido. Por lo general es conveniente usar un modelo de la forma a producir para guiar el elemento cortante durante la operación.

Con arreglo al presente invento, cuando se utilizan electrodos segmentados con dispositivo medidor de separación y regulación de voltaje, la distancia de separación final será de un valor conocido y previamente establecido. Cuando se desee, la distancia de equilibrio y la distancia definitiva podrán ser idénticas, ya que se han previsto medios de regulación de la separación en el curso de la conformación eléctrica. De ordinario, la configuración permite la selección de un valor constante sobre toda la superficie para la distancia de separación de equilibrio, y la distancia final. En la presente invención, el previo conocimiento de la distancia final simplifica en gran manera el diseño inicial de un electrodo contorneado, que una vez preparado es el electrodo final de herramienta y da productos terminados idénticos cualesquiera que sean los perfiles iniciales de la pieza. En la mayor parte de los casos, no es necesario efectuar ninguna operación posterior de trabajado del electrodo de herramienta por métodos de tanteo con error, y el resultado total es una mayor exactitud en la reproducción de la forma deseada de la pieza en operaciones repetidas.

La herramienta puede conformarse electrolíticamente según se ha representado en la fig. 21. El circuito es similar al de la fig. 3, pero con las conexiones a la fuente de energía invertidas. Un elemento conformador conductor 152 va conectado al terminal negativo de una fuente de corriente continua 153, cuyo terminal positivo se conecta mediante conmutadores separados 154 a los elementos conductores --



299132

5

10

15

20

25

30

individuales 155 de la futura herramienta 156. Los elementos conductores 155 se aislan entre sí mediante espacios aislantes 157. Los voltajes destinados a los elementos conductores individuales 155 y las corrientes correspondientes pueden regularse por cualquiera de los métodos aquí descritos, según se desee, con arreglo a la precisión requerida. El funcionamiento es el mismo que con los métodos objeto de esta invención, utilizando cátodos que comprenden una pluralidad de elementos aislados entre sí, excepto en el hecho de que en la presente operación la dirección de la corriente se invierte. El elemento de conformación 152 tiene la misma forma que ha de dar la herramienta 156 más tarde cuando se utilice como cátodo en la conformación eléctrica de piezas.

Otra consideración a hacer en lo que se refiere a la conformación eléctrica de electrodos de herramienta segmentada es la necesidad de eliminar el aislamiento entre segmentos que queda expuesto como resultado de la disolución anódica de parte del segmento. Con algunos materiales aislantes, no existe problema, debido a que el aislamiento expuesto no sustentado es rápidamente erosionado por el flujo de electrólito a alta velocidad, mientras que el aislamiento sustentado, que no se extiende más allá del electrodo en el electrodo final de la herramienta queda protegido de la acción erosiva del electrólito. Con materiales aislantes muy resistentes a la erosión, puede añadirse un abrasivo al electrólito a fin de apresurar la acción erosiva.

La socavación del aislamiento por debajo de la superficie con torneada del electrodo de herramienta no se interfiere en el funcionamiento del electrodo segmentado. La finalidad del aislamiento es prevenir el contacto físico y la conducción electrónica entre segmentos adyacentes. La construcción inicial del electrodo puede prever espaciadores no conductores 157 sólo en la parte superior del electrodo fuera del extremo perfilado, como en la fig. 21, para mantener cada -



29932

5

uno de los segmentos fuera de contacto físico con los segmentos adyacentes. Tal construcción inicial simplifica la conformación eléctrica de los electrodos de herramienta segmentada, puesto que no habrá aislamiento expuesto que suprimir. Después de la conformación eléctrica del electrodo de herramienta, puede llenarse el espacio entre los segmentos con material aislante, si se desea.

10

Ordinariamente, en las herramientas que constan de muchos segmentos, es preferible que todos los segmentos presenten extensión superficial conocida, para simplificar el circuito de apreciación de distancia de separación, y de regulación de corriente. No es preciso, sin embargo, que los segmentos tengan igual superficie, iguales superficies transversales, y ni siquiera configuraciones similares. Las figs. 22 y 23 muestran una herramienta segmentada en la que los segmentos se ajustan a formas particulares características en respectivas zonas de la herramienta. La herramienta 160 tiene cuatro segmentos 161, 162, 163 y 164, aislados entre sí, según se indica en 165. El segmento 161 rodea completamente a los otros tres segmentos 162, 163, y 164, que pueden ser cóncavos, convexos, rectangulares, o de cualquier forma conveniente según sea la configuración a dar a la pieza 166. La ventaja de la segmentación particular representada es evidente, por el hecho de que puede utilizarse el segmento 162 para formar parcialmente la configuración deseada antes de aplicar el voltaje a los segmentos 163, 161 y 164, en este orden, al tiempo de realizarse la cavidad en la pieza 166.

15

20

25

30

Uno o más de los segmentos 161-164 podría, naturalmente, dividirse además en una pluralidad de segmentos, si así se deseara. El modelo presentado en las figs. 22 y 23 está compuesto de una herramienta segmentada en la que algunos, por lo menos, de los límites entre elementos conductores adyacentes se hallan en posiciones de significativo cambio en la forma a dar a la pieza.



99132

Las figs. 24 y 25 muestran el sistema anteriormente descrito para la preparación de un electrodo del tipo representado en la fig. 18, que es particularmente útil en la fabricación de electrodos que poseen gran número de segmentos por área unitaria.

5 Con referencia a la fig. 24, diremos que un hilo conductor 170, de aproximadamente 0,004 pulgadas, por ejemplo de diámetro, y revestido de un aislamiento 171 de aproximadamente 0,0005 pulgadas de grueso, se arrolla sobre un núcleo cilíndrico 172 que presenta una circunferencia cuando menos igual a la longitud deseada para los segmentos. El ancho del núcleo 172 es igual, por lo menos, a la dimensión más larga del electrodo de herramienta a fabricar, y el hilo 170 se arrolla en torno al núcleo 172 hasta que se llega a un grueso igual, por lo menos, a la otra dimensión del electrodo. Puede emplearse un equipo de arrollamiento de hilo de tipo ordinario para lograr un bobinado ajustado, con el aislamiento de las partes adyacentes del conductor 170 en contacto con la primera capa. La segunda capa se lía de manera que cada parte del hilo 170 descanse en la cavidad constituida por las dos partes adyacentes de la capa situada debajo, y así se hace sucesivamente con las capas subsiguientes. Una vez liada completamente la bobina, se fija en su lugar una parte de la misma, por cualquier medio apropiado, como, por ejemplo, sellándola herméticamente en plástico o fijándola herméticamente en una funda metálica (no representada). Fijada la bobina firmemente, se corta la parte rígidamente montada de la misma, serrándola, por ejemplo, en un plano radial a través del eje del núcleo cilíndrico 172.

20 El paquete resultante de hilos conductores se estira a continuación, sujetándose uno de los extremos rígidamente y apretándose para mantener la superficie plana formada por los extremos de dichos hilos, mientras que se dejan los otros extremos de los hilos en movimiento relativo entre sí. La superficie plana formada en el extremo

299132



5 173 de la fig. 25 puede utilizarse en los procedimientos de extracción electrolítica cuando se aplica corriente a la misma por conexión a los otros extremos de los hilos, según se indica en 174. Cuando ha de utilizarse el electrodo para conferir una forma distinta de la plana, puede extraerse material del extremo 173, como se indica por la línea de trazos 175, para dar la forma de superficie deseada.

10 Las figs. 26 y 27 representan otro sistema de preparar un electrodo del tipo que aparece en la fig. 18. El sistema comprende las fases de: revestir con un metal conductor (tal como el aluminio) que posee un óxido aislante, los lados de una pluralidad de elementos conductores sobre una superficie importante de cada uno adyacente a un extremo; revestir a continuación cada superficie con un óxido metálico conductor (tal como dióxido de plomo); ensamblar y sujetar los elementos conductores en un haz, de modo que dicho extremo forme una superficie y que las superficies revestidas de los elementos adyacentes se mantengan en contacto entre sí; conformar eléctricamente la superficie con el haz conectado como ánodo en un electrólito capaz de extraer anódicamente los materiales de los elementos y los revestimientos que los recubren; calentar el haz a una temperatura suficiente para difundir oxígeno desde los revestimientos externos hasta los revestimientos internos para formar una capa de dicho óxido aislante eléctricamente en torno a cada elemento conductor y hacer que las capas de revestimiento externo de los elementos se adhieran entre sí, siendo la superficie apropiada para su utilización en los procesos electrolíticos cuando se suministra a la misma una corriente mediante conexiones a los otros extremos de los elementos conductores.

30 Con referencia a la fig. 26, diremos que cada segmento puede estar constituido por un hilo de acero 180 provisto de un delgado electrodepósito de aluminio 181 de aproximadamente 0,0005 pulgadas de grueso, seguido de un electrodepósito de dióxido de plomo 182 de apro



299132

rimadamente 0,001 pulgada de grueso. Los conductores 180 se ensamblan y se mantienen unidos según la fig. 26. Se conecta el paquete como ánodo y se conforma el mismo eléctricamente dándole la deseada configuración empleando una plantilla según la fig. 21. Se utiliza una mezcla de ácidos u otro electrólito adecuado que extrae anódicamente el metal del acero, aluminio y dióxido de plomo, todos los cuales son conductores eléctricos. Una vez configurado el electrodo, se calienta a una temperatura a la cual el oxígeno del dióxido de plomo se difunde en la capa de aluminio 181 formando una capa de óxido de aluminio 183 (véase la fig. 27), que no es conductora y aísla cada segmento 180 de los demás. Puede emplearse un margen de temperaturas más amplio, teniendo lugar la reacción más rápidamente a temperaturas más elevadas. No obstante, es preciso mantener los materiales por debajo de sus puntos de fusión. El dióxido de plomo se convierte parcialmente, por pérdida de oxígeno, en óxido de plomo 184 (fig. 27), que posee una baja conductividad si se compara con la del dióxido de plomo pero que no es tan buen aislante como el óxido de aluminio. El óxido de plomo sirve principalmente para cimentar los segmentos aislados entre sí a fin de formar un electrodo compacto. Se pule la superficie del electrodo hasta dejarla lisa y suave y se aplica un electrodepósito de platino a los segmentos de acero 180. El platino no se deposita sobre el óxido de aluminio 183 ni sobre el óxido de plomo 184, por ser ambos esencialmente no conductores respecto al acero 180.

Las figs. 28 y 29 muestran un electrodo de herramienta versátil del tipo representado en otras varias figuras, pero que posee la ventaja de que puede variarse para proporcionar formas diferentes.

Un sistema de preparar esta clase de electrodo comprende las siguientes fases: ensamblar una pluralidad de elementos conductores alargados en disposición paralela e íntimamente yuxtapuestos colateralmente, aislados entre sí y móviles el uno respecto al otro, en direc-

298132

24



ción de la longitud; ajustar las relativas posiciones longitudinales de los miembros ensamblados para formar por los extremos adyacentes de los mismos aproximadamente la forma de la superficie deseada, y fijar los elementos en dichas posiciones relativas, siendo la superficie aproximada formada por dichos extremos adyacentes apropiada para utilización en los procesos electrolíticos cuando se suministra corriente a la misma mediante conexiones establecidas con los otros extremos de los elementos conductores. Típicamente, las posiciones longitudinales relativas se determinan colocando los mencionados extremos adyacentes contra una superficie que posee esencialmente la forma deseada. Cuando se desea un máximo de exactitud de reproducción y de uniformidad, se extrae material de la superficie aproximada formada por los citados extremos adyacentes para establecer en ella la deseada forma superficial, por ejemplo conformando eléctricamente la superficie aproximada a la forma de superficie deseada con los elementos conductores conectados en ánodos.

Los elementos conductores se fijan preferentemente en sus posiciones relativas de modo temporal, de manera que puedan posteriormente desmontarse y cambiarse a diferentes posiciones relativas. La fijación puede hacerse grapándose los elementos en sus posiciones respectivas o bien presionando cada elemento fuertemente contra un material situado en forma que limita la posición del extremo del elemento opuesto al extremo que forma parte de la superficie aproximada, lo que puede efectuarse por medios elásticos que presionen cada elemento firmemente contra un fluido confinado y prácticamente incompresible.

Así, un electrodo 190 de forma variable como puede verse en las figs. 28 y 29, puede incluir una pluralidad de elementos conductores alargados 191, medios tales como el alojamiento 192 y los compartimientos 193 para mantenerlos en estrecha disposición colateral adyacente y paralela, aislados entre sí (según se indica en 194, fig. 28)



293.22

y móviles los unos respecto a los otros en dirección longitudinal, medios para ajustar las relativas posiciones longitudinales de los elementos 191 para formar mediante los extremos adyacentes 195 de los mismos aproximadamente la forma superficial deseada, medios para fijar los elementos 191 en sus posiciones relativas, y medios para establecer la conexión eléctrica a los extremos de los elementos conductores opuestos a los extremos que constituyen la forma superficial aproximada. En la fig. 29, los medios de sujeción comprenden una pluralidad de compartimientos adyacentes 193, uno por cada elemento conductor 191, que comprenden material aislante, tal como politetrafluoroetileno, y que encajan en forma holgada y deslizante en torno a los elementos 191.

El politetrafluoroetileno, comúnmente denominado "Teflon", es un material aislante apropiado con un coeficiente muy bajo de fricción. Es también totalmente resistente al ataque de los electrolitos normales utilizados en la conformación por medios eléctricos. Es un material preferente no sólo para los compartimientos 193 de la fig. 29, sino también para el aislamiento 194 de los elementos conductores 191 de la fig. 28. Por ejemplo, los segmentos de titanio se pulen perfectamente con una exactitud de  $\pm 0,0001$  pulgada, dando un buen acabado de menos de 5 micropulgadas rms y se revisten a continuación con un rociado de politetrafluoroetileno hasta un grueso uniforme de  $0,0005$  pulgada  $\pm 0,0001$  pulgada. Se sobrepone después el aislamiento de los segmentos hasta un grado de perfecta lisura a ojo.

Este procedimiento asegura un ajuste deslizante de los segmentos individuales y proporciona asimismo una superficie de sección transversal exactamente conocida para cada segmento.

Los medios de ajuste comprenden dispositivos para situar los extremos adyacentes 195 contra una superficie que presenta aproximadamente la forma deseada; ya sea mediante presión manual o mediante gra

299132



5

vedad (fig. 28), o por presión hidráulica (fig. 29). La plantilla e -  
modelo del producto deseado 196 puede estar provisto de una capa de -  
material 197 de un grueso igual a la distancia de separación final. -  
Se presionan los elementos conductores 191 contra el espaciador 197 -  
sobre la plántilla 196 de modo que la superficie formada por los ex -  
tremos inferiores 195 se aproxima al contorno del negativo electroquí -  
mico del modelo 196. Una vez fijadas las grapas 198, los extremos --  
195 conservan el contorno deseado.

10

Los compartimientos 193 de la fig. 29 se extienden de prefe -  
rencia más allá de los extremos superiores opuestos 199 de los elemen -  
tos conductores 191, y los dispositivos de ajuste comprenden medios -  
elásticos tales como los muelles 200 para presionar sobre los elemen -  
tos 191 en la dirección longitudinal alejándose de los extremos infe -  
riores adyacentes 195 y medios tales como el tubo 201 para proporcio -  
nar cantidades ajustables de fluido prácticamente incompresible en --  
los compartimientos 193 más allá de los extremos superiores opuestos  
199 de los elementos 191 para limitar las posiciones de los extremos  
opuestos 199. Los medios de presión elásticos 200 y los dispositivos  
de suministro de fluido 201 pueden funcionar también como componentes  
de los dispositivos de fijación en combinación con medios tales como  
las válvulas 202 para mantener prácticamente constantes las cantidades  
de fluido en los compartimientos 193.

15

20

25

30

Los muelles 200 pueden estar en contacto eléctrico así como  
en contacto mecánico con los elementos conductores 191, un muelle con  
cada elemento y funcionar también como componentes de los medios de -  
conexión eléctrica en combinación con una pluralidad de contactos 203  
eléctricamente conectados uno a cada muelle. Los contactos 203 pueden  
presentar y ello es ventajoso, la forma de "jacks" o conjuntores, se -  
gún se ha representado, para recibir conexiones de enchufe de conduc -  
tores conectados a un circuito regulador. En la fig. 28, se ven unos

29813224



conductores flexibles 204 conectados entre los contactos 203 y los extremos superiores 199 de los elementos conductores 191.

5 Los medios de fijación comprenden dispositivos para liberar los elementos 191 de sus posiciones relativas cuando se desea, mediante el aflojamiento de los tornillos de fijación 198 de la fig. 28, o mediante la apertura de las válvulas 202 de la fig. 29, permitiéndose así el reajuste a las diferentes posiciones longitudinales relativas de los elementos conductores 191 y la fijación en las diferentes posiciones.

10 Los extremos 195 de los elementos conductores 191 no duplican exactamente un contorno curvo liso, sino que se aproximan escalonadamente a la superficie curva. La dimensión de cada uno de los escalones está relacionada con el ancho del elemento 191 y la curvatura angular de la parte 196 con respecto al eje del elemento conductor --

15 191. Cuando se trata de segmentos grandes 191, pueden suprimirse los escalones por trabajo posterior. El sistema de aproximación al contorno con segmentos móviles reduce la operación de igualación prácticamente a un mínimo. En algunos casos no hay inconveniente en que -- existan estos escalones, por ejemplo, en el caso en que los contornos sean de concavidad ligera y los segmentos conductores sean pequeños.

20 En tales casos, no necesitan igualarse los escalones. Cuando se han fijado en posición los segmentos, estará listo el electrodo de la herramienta para ser utilizado en la función de conformación eléctrica. Como quiera que el desgaste de la herramienta en la función de conformación eléctrica es despreciable, puede volverse a utilizar en diferentes configuraciones mediante repetición del proceso de presionar los

25 segmentos contra una nueva plantilla y de fijarlos en posición.

30 El electrodo versátil de la fig. 29 es particularmente útil para la configuración de hojas con dos electrodos de herramienta opuestos, como en la fig. 4. Para realizar un trabajo, se coloca una plan

238132.24



5

10

15

20

25

30

tilla exacta de la hoja de turbina, con inclusión de la cubierta que corresponderá a la distancia final de separación, en el espacio situado entre los dos electrodos. A continuación se presionan hidráulicamente los segmentos de electrodo contra la plantilla y se fijan en posición. Conformando los electrodos en relación al dispositivo que -- sostiene la hoja se adaptan y compensan automáticamente cualesquiera inexactitudes existentes en el dispositivo sustentador de la hoja. En el momento de formar los electrodos de herramienta se montan unos conmutadores limitadores para detener el avance de las herramientas precisamente en los puntos de situación correctos. De este modo, cuando se retira la plantilla y se inserta una pieza de forja en bruto y se configura la misma eléctricamente, la pieza final es un duplicado exacto de la plantilla.

Las figs. 30-32 representan sistemas y aparatos con arreglo al presente invento en los que las posiciones de los elementos conductores de la herramienta son regulables por separado, y se regulan de preferencia con arreglo a un programa previamente fijado determinado por el grueso de material a extraer de la pieza de fábrica opuesta a cada elemento conductor.

Es preferible que los elementos conductores se hallen situados inicialmente en posiciones aproximadamente equidistantes de la superficie de la pieza. Se hace avanzar cada elemento conductor hacia la pieza a trabajar. El elemento frente al cual está la mayor profundidad de material a extraer de la pieza comenzará el primero su avance; el elemento frente al cual está el grueso de material a extraer siguiente en importancia empezará su avance a continuación, y así sucesivamente, en posiciones predeterminadas respecto a los elementos ya avanzantes. Las distancias de separación entre los elementos conductores y la pieza se mantendrán de preferencia aproximadamente iguales sobre toda la superficie de la pieza mientras los elementos avanzan y



299132

5

se extrae el material de la pieza. De preferencia, se regularán por separado las corrientes aplicadas a los elementos conductores con arreglo a los principios que han quedado expuestos, empleando los circuitos apropiados descritos o modificaciones normales de los mismos. De ordinario se conecta la corriente a cada elemento conductor al empezar éste su avance hacia la pieza.

10

Para conformar una sola superficie como en el caso de fabricación de matrices y otras cavidades, puede utilizarse el aparato de las figs. 30-32. Para conformar una pluralidad de superficies al mismo tiempo, simplemente se duplica el aparato para cada superficie, lo mismo que se ha duplicado el aparato de las figs. 1 y 2 en la fig. 4.

15

Con referencia a las figs. 30 y 32 diremos que una caja envolvente 210 comprende una parte superior 211 y una parte inferior 212 fijadas entre sí en forma hermética a los líquidos pero dejando una abertura de entrada 213 y un paso de salida 214 para el electrólito. Las partes envolventes 211 y 212 estarán hechas de preferencia, de un plástico fuerte, tal como el poliestireno u otro material aislante apropiado. Resulta conveniente disponer un conector de entrada 215 y un conector de salida 216 para poner en comunicación la entrada 213 y la salida 214 con manguitos u otros conductos que llevarán el electrólito a la caja 210 y lo extraerán de la misma.

20

25

Sólidamente fijada a la parte inferior 212 se encuentra una pieza a trabajar 217 a la que se hace una conexión eléctrica mediante un conductor 218. Ajustada en la parte superior 211, pero separadamente deslizable en ella en sentido vertical, se halla una pluralidad de elementos conductores 200, que se encuentran aislados entre sí según se ha indicado en 221. El aislamiento 221 comprende, de preferencia, un revestimiento sobre cada elemento conductor 21 hecho de politetrafluoroetileno ("Teflon"). Cada elemento conductor 220 está provisto de una ranura 222 (véase también la fig. 31). Una barra 223 se

30

299132

24 AB



lidamente fijada en la parte superior 211 de la caja 210 pasa por las ranuras 222 de los elementos conductores 220 para limitar las posiciones extremas entre las cuales pueden moverse los elementos conductores 220.

5

Se suministra el electrólito bajo presión al conector 215 y al orificio de entrada 213, según la flecha 224. El electrólito llena el espacio existente entre la pieza 217 y los elementos conductores 220, continúa fluyendo horizontalmente hasta la salida 214 y de allí al conector 216, según indica la flecha horizontal 225. La presión del electrólito ejerce una fuerza hacia arriba sobre los elementos conductores 220 y los mantiene en su posición extrema superior, según se ve en la fig. 30, en ausencia de una fuerza mayor en sentido descendente. El electrólito puede ser suministrado a la caja 210 por cualquier medio conveniente, ordinario o especial, tal como el sistema de colector y bomba objeto de la solicitud nº 855.873 de EE.UU.

10

15

Sobre los elementos conductores 220 y ajustada en forma holgada sobre la parte superior 211, y verticalmente deslizable sobre ella, como indica la flecha 226, hay una leva o arrastrador 227 que presenta aproximadamente el negativo de la forma a dar a la pieza 217 (la leva 227 podría ser una herramienta de una sola pieza ya utilizada para conferir la misma forma por los sistemas ya conocidos de trabajo electroquímico). Sólidamente fijada a la leva 227 hay una barra avanzante 228, estando hechas ambas de material conductor. Conectado a la barra 228 existe un conductor 229 destinado a suministrar corriente a lo largo de la barra 228 y la leva 227 hasta los elementos conductores 220 cuando hacen contacto con la citada leva 227.

20

25

Al iniciarse la operación de electroconformación, con los elementos conductores 220 en sus posiciones iniciales según muestra la fig. 30, se conecta la corriente sólo al elemento conductor 220 que se halla en contacto con la porción más baja de la leva 227. Al

30



299132

avanzar hacia abajo la leva 227, va poniéndose en contacto con más elementos conductores 220 cada vez, hasta que, finalmente, queda conectada la corriente a todos ellos cuando la operación se acerca a su final, como se ve en la fig. 32. El movimiento de la barra 228 de avance de la leva, puede regularse por cualquier medio adecuado, ordinario o especial, tal como el aparato alimentador objeto de la solicitud estadounidense nº 855.873.

El aparato de las figs. 30-32 comprende una forma simple típica de aparato según el presente invento para la extracción electro-lítica de material de la superficie de una pieza de fábrica. Comprende el aparato una pluralidad de elementos conductores estrechamente adyacentes 220, aislados entre sí, con sus extremos inferiores adyacentes definiendo aproximadamente una superficie predeterminada. La parte inferior 212 de la caja 210 proporciona medios para sujetar la superficie de la pieza a trabajar 217, en yuxtaposición respecto a los extremos adyacentes inferiores de los elementos conductores 220, pero fuera de contacto con los mismos. Los conectores 215 y 216 tienen como finalidad suministrar un electrólito entre la superficie de la pieza 217 y los extremos adyacentes inferiores de los elementos conductores 220. La leva 227 está conformada para regular las posiciones de los elementos conductores 220 con respecto a la pieza a trabajar, separadamente, con arreglo a un plan que se determina con arreglo al grueso de material a extraer de la pieza 217 frente a cada uno de los elementos conductores 220. El conductor 218, el conductor 229, la barra de avance 228, y la leva 227, suministran corriente a través de la pieza 217, el electrólito, y por lo menos uno de los elementos conductores 220.

La parte superior 211 de la caja 210 y la barra 223 sitúan inicialmente los elementos conductores 220 con sus extremos adyacentes inferiores aproximadamente equidistantes de la superficie de la pieza 217. En la figura 30, la superficie de la pieza 217 es un plano

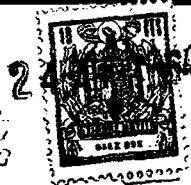


290132

5 y los extremos adyacentes inferiores de los elementos conductores 220  
definen inicialmente una superficie sensiblemente plana. Cuando la -  
superficie inicial de la pieza no es un plano, como ocurre en la con-  
formación de hojas de turbina, la barra 223 puede configurarse adecu-  
damente. La leva 227 presenta una forma tal que, al avanzar cada ele-  
mento conductor 220 hacia la pieza 217, la leva 227 comienza primero  
el avance del elemento 220 frente al cual se halla el grueso mayor de  
material a extraer de la pieza 217. Empieza a continuación el avance  
10 del elemento conductor 220 frente al cual se encuentra el siguiente -  
grueso en importancia de material a suprimir, y así sucesivamente en  
posiciones predeterminadas de los elementos ya avanzantes. Se va ex-  
trayendo el material electrolíticamente de la pieza 217 bajo los ele-  
mentos conductores avanzantes 220, a la misma velocidad a la que és--  
tos se hacen avanzar, manteniéndose así las distancias de separación  
15 entre los elementos conductores 220 y la pieza 217 aproximadamente --  
iguales sobre toda la superficie de la pieza 217. La corriente apli-  
cada a cada elemento conductor 220 se regula por separado, siendo co-  
nectada la corriente por la leva 227 a cada elemento conductor 220 al  
tiempo que el elemento 220 inicia su avance hacia la pieza 217.

20 El aparato de las figs. 30-32 puede modificarse evidentemente  
te en diversas formas para lograrse una regulación por separado de la  
magnitud de las corrientes en los elementos conductores 220, la protec-  
ción por resistencias autorreguladoras, las conexiones bipolares, el  
funcionamiento por corriente alterna trifásica y diversas otras carac-  
25 terísticas aquí descritas. Naturalmente, pueden emplearse medios más  
complicados para hacer avanzar los elementos conductores 220 por sepa-  
rado. Utilizando equipo y técnicas de automatización bien conocidos,  
pueden hacerse avanzar los elementos conductores 220 de cualquier mo-  
do que se desee para conferir cualquier forma deseada dentro de los -  
30 límites de la dimensión del aparato. Así, mediante instalación de una

299132



5

transmisión de fuerza regulada por separado para cada elemento conductor 220, puede accionarse el aparato automáticamente para proporcionar un número predeterminado de piezas de fábrica de una primera forma deseada, después de un número predeterminado de piezas de fábrica que presenten una segunda forma deseada, y así sucesivamente. Tal pieza de equipo podría adecuadamente denominarse máquina de extracción electrolítica universal.

En resumen, La Patente de Invención que se solicita, recaerá sobre las siguientes

10

- REIVINDICACIONES -

15

1. Un método de extracción de material electrolíticamente de la superficie de una pieza mecánica de fábrica que comprende las fases de: colocar tal superficie en yuxtaposición con una herramienta electrodo, pero fuera de contacto con la misma, la cual comprende una pluralidad de elementos conductores aislados entre sí y dispuestos para proporcionar una forma deseada a la pieza mediante extracción electrolítica de material de la misma; suministrar un electrólito entre las superficies yuxtapuestas de la herramienta y de la pieza; hacer avanzar la una hacia la otra las superficies yuxtapuestas, y suministrar corriente a través de la pieza de trabajo del electrólito y, por lo menos, de uno de los elementos conductores de la herramienta.

20

2. Un método según la reivindicación 1 en el que las corrientes aplicadas a los elementos conductores de la herramienta se regulan por separado.

25

3. Un método según la reivindicación 2, en el que se regulan las corrientes con arreglo a las posiciones relativas de la herramienta y de la pieza.

30

4. Un método según las reivindicaciones 2 ó 3, en el que se conecta corriente a cada elemento conductor de la herramienta cuando la superficie del elemento llega a una distancia previamente determi-

24 AD



299132

nada de la superficie de la pieza.

5. Un método según la reivindicación 2 en el que las corrientes aplicadas a los elementos conductores se regulan con arreglo a su respuesta a valores detectados de las distancias entre las superficies de los elementos, conductores y la pieza.

6. Un método según la reivindicación 5 en el que las distancias entre la pieza y los elementos conductores individuales se detectan en función de la resistencia del electrolito existente entre medias.

7. Un método según la reivindicación 6 en el que la resistencia del electrolito entre la pieza y un elemento conductor dado se mide periódicamente mediante aplicación de un voltaje conocido entre medias y midiendo la corriente resultante.

8. Un método según la reivindicación 7 en el que cada elemento conductor tiene la misma extensión superficial en contacto con el electrolito, midiéndose la corriente resultante aplicada a cada elemento conductor.

9. Un método según las reivindicaciones 7 u 8 en el cual se aplica el voltaje conocido durante un tiempo menor a una décima parte del período entre sucesivas aplicaciones del voltaje.

10. Un método según la reivindicación 7, 8 ó 9, en el que el voltaje conocido es un voltaje alterno.

11. Un método según las reivindicaciones 7, 8, 9 ó 10 en el que la distancia se mide en un circuito que comprende la resistencia del electrolito entre dos superficies de elementos conductores de superficie y espaciamiento conocidos, para evitar inexactitudes que, de lo contrario, podrían producirse por variación en la capacidad de resistencia del electrolito.

12. Un método según la reivindicación 11, en el que el circuito comprende un circuito puente al que se aplica un voltaje alterno.

13. Un método según la reivindicación 2 en el cual las co-

2991324 AB



rrientes conectadas a los elementos conductores se regulan con arreglo a su respuesta a valores detectados de la distancia entre los puntos más próximos del elemento conductor y de la pieza.

5

14. Un método según la reivindicación 13, en el que la distancia entre los puntos más próximos se comprueba aplicando entre el elemento conductor y la pieza un voltaje suficiente para producir una chispa a través de una distancia previamente determinada a través del electrólito, y detectando si el voltaje produce chispa.

10

15. Un método según la reivindicación 14 en el que la distancia entre los puntos más próximos se detecta aplicando un voltaje en aumento, entre el elemento conductor y la pieza que se trabaja.

16. Un método según la reivindicación 2 en el que las corrientes aplicadas a los elementos conductores de la herramienta se regulan de acuerdo con un plan previamente determinado.

15

17. Un método según la reivindicación 2 en el que las superficies yuxtapuestas se hacen avanzar la una hacia la otra a una velocidad uniforme y se regulan las corrientes de acuerdo con el tiempo durante el cual se han hecho avanzar así las superficies.

20

18. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que las posiciones de los elementos conductores de la herramienta se regulan por separado.

19. Un método según la reivindicación 18 en el que se regulan las posiciones de los elementos conductores de la herramienta de acuerdo con un plan previamente determinado.

25

20. Un método según la reivindicación 19 en el que se determina el plan con arreglo al grueso del material a extraer de la pieza frente a cada uno de los elementos conductores.

30

21. Un método según la reivindicación 20 en el que los elementos conductores se sitúan inicialmente en lugares aproximadamente equidistantes de la superficie de la pieza a trabajar, y se hace avan



299132

5 zar cada elemento conductor hacia la pieza; empezando primero su avance el elemento frente al cual se halla el mayor grueso de material a suprimir de la pieza, iniciando a continuación su avance el elemento frente al cual se encuentra el siguiente grueso mayor en importancia de material a suprimir, y así sucesivamente, en posiciones previamente determinadas respecto a los elementos ya avanzantes.

10 22. Un método según la reivindicación 21 en el que las distancias de separación entre los elementos conductores y la pieza a trabajar se mantienen aproximadamente iguales sobre la superficie de la pieza en el curso del avance de los elementos y mientras se extrae el material de dicha pieza.

15 23. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la forma a dar a la pieza posee una sección transversal uniforme, y los elementos conductores de la herramienta comprenden laminaciones situadas en planos perpendiculares al plano de la sección transversal uniforme.

20 24. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual algunos al menos de los límites entre los elementos conductores adyacentes de la herramienta se hallan en posiciones de cambio significativo en la forma a conferir a la pieza.

25 25. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que se suministra la corriente conectando por lo menos dos elementos conductores de la herramienta a una fuente de energía, de modo que fluya la corriente desde uno de los elementos así conectados a través del electrolito hasta la pieza que se trabaja, y de aquí a través del electrolito hasta otro elemento así conectado, conduciendo así la pieza la corriente de modo bipolar.

30 26. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 24 en el que los elementos conductores son por lo menos tres y van conectados en por lo menos un grupo de tres a una fuente de corriente

81



299132

alterna trifásica, hallándose conectados los elementos de cada grupo respectivamente a las tres salidas de fase individuales de la fuente de energía.

5

27. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "UN METODO DE EXTRACCION DE MATERIAL ELECTROLITICAMENTE".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva que consta de cincuenta y nueve páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

10

Madrid, 24 de Abril de 1.964

ALFONSO UNGRIA

P.P.

15

20

25

30

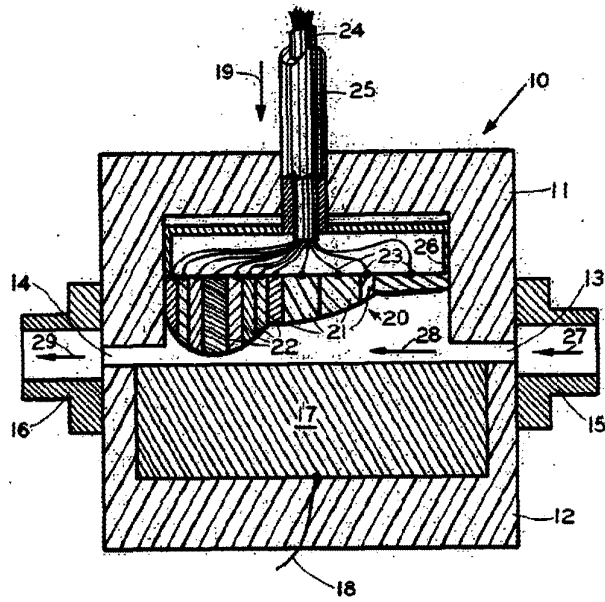


FIG. 1

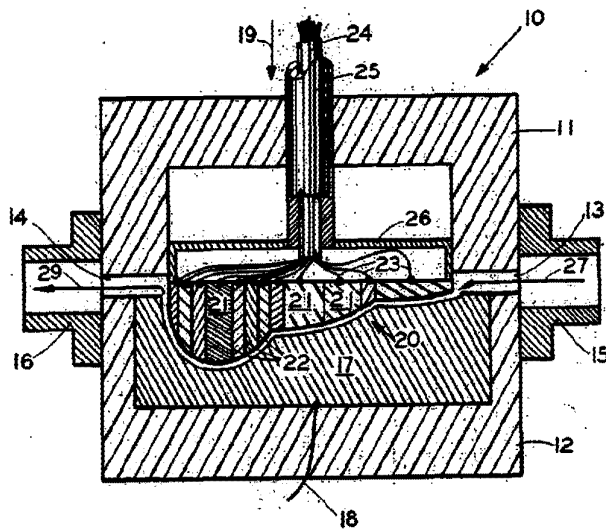


FIG. 2

299131

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 1964.  
ALFONSO UNGRÍA

*Handwritten signature or initials*

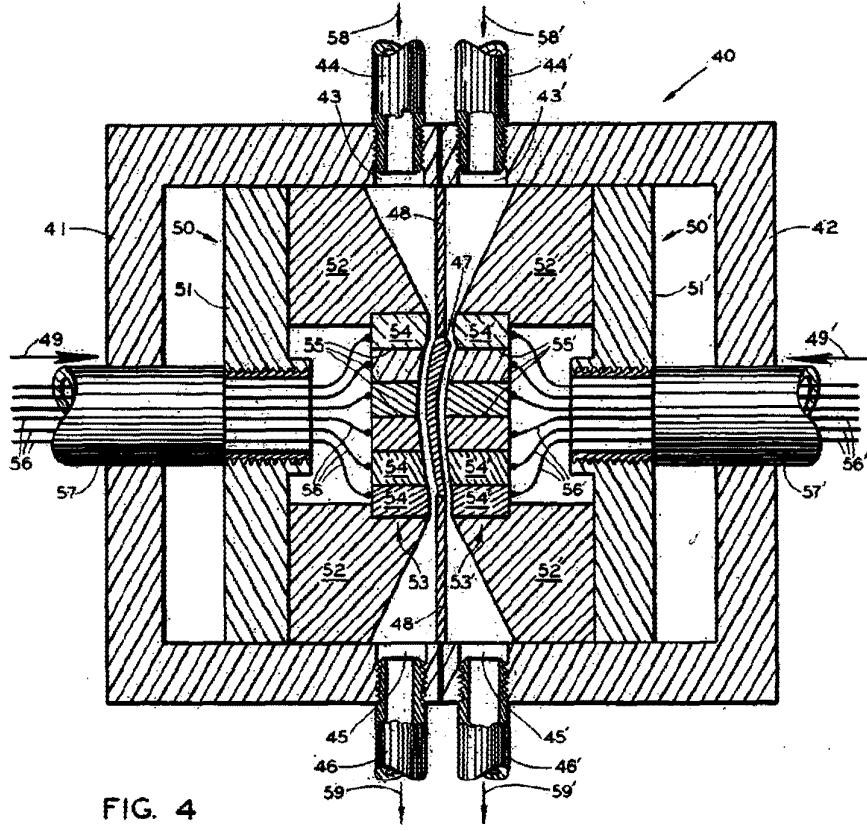


FIG. 4

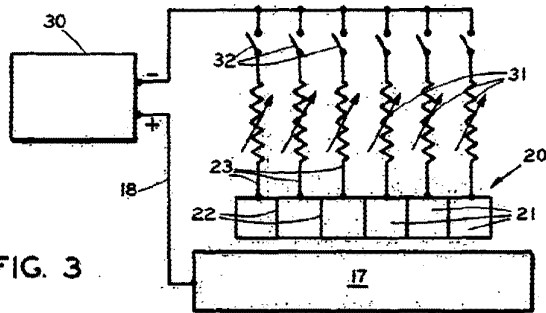


FIG. 3

299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 19.64  
ALFONSO UNGRIA

*Fig. 1/20*

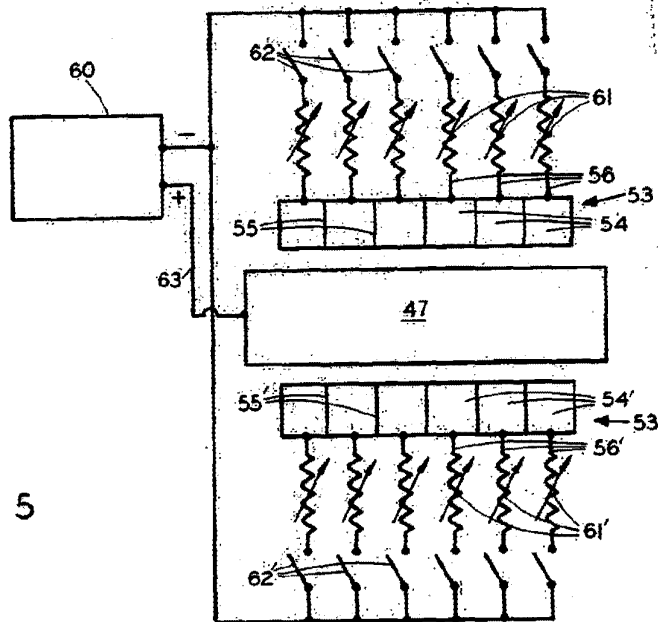
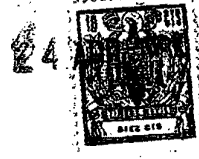


FIG. 5

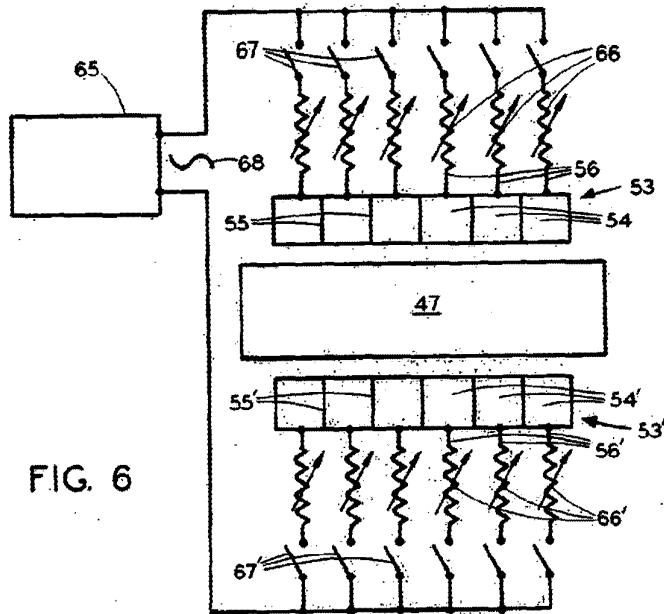


FIG. 6

299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 19 64

ALFONSO UNGRIA

24 ABR 1964

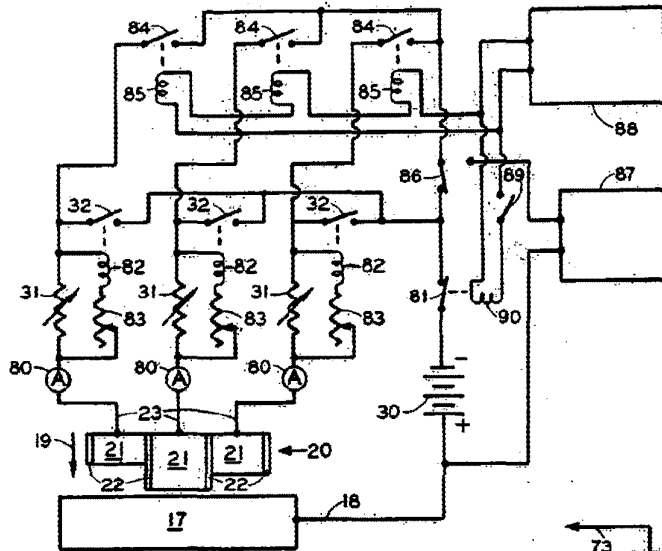


FIG. 9

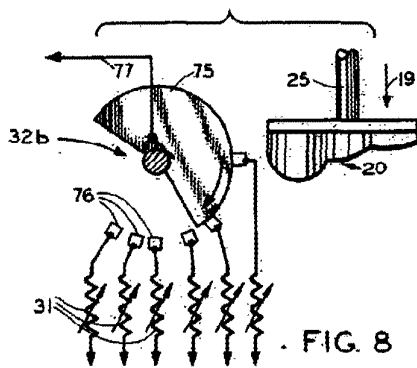


FIG. 8

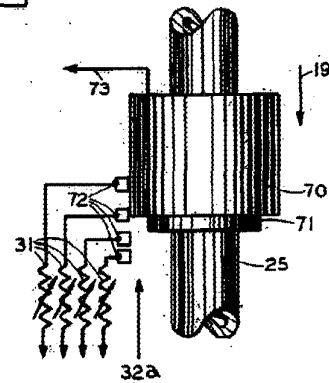


FIG. 7

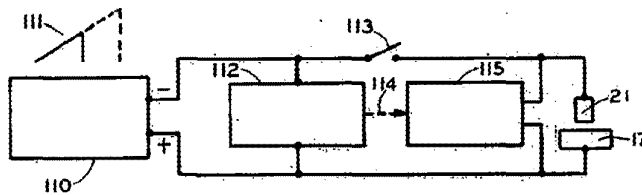


FIG. 11

299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 1964

ALFONSO LUGRÍA

*[Handwritten signature]*

24 APR

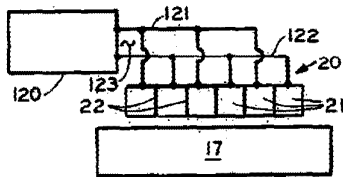
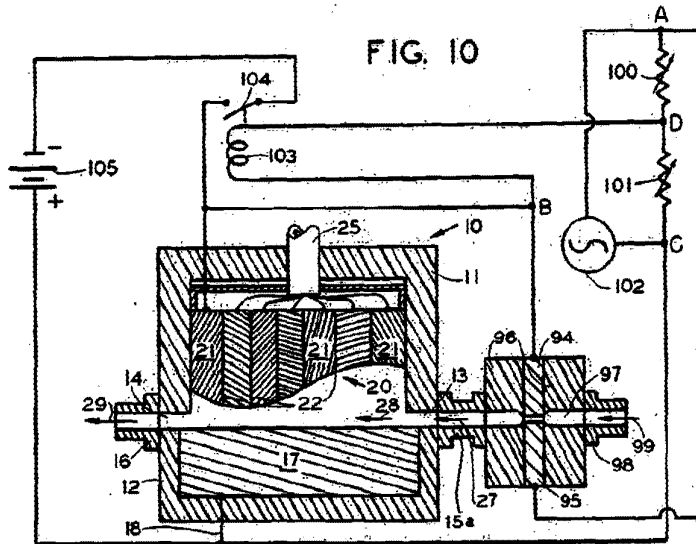


FIG. 12

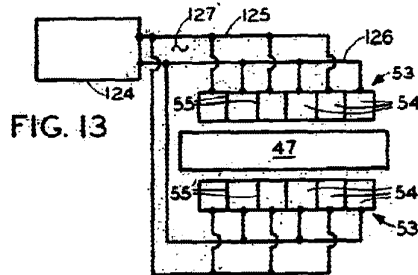


FIG. 13

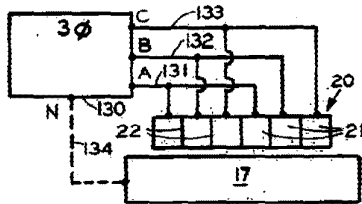


FIG. 14

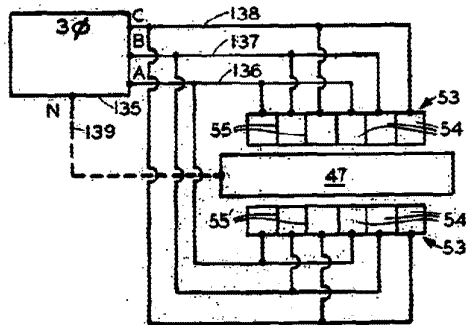


FIG. 15

ESCALA VARIABLE

MADRID, 24 DE abril DE 1964

ALFONSO UNGRIA

*[Handwritten signature]*

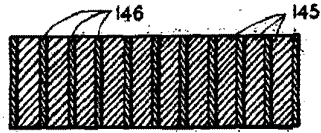


FIG. 16

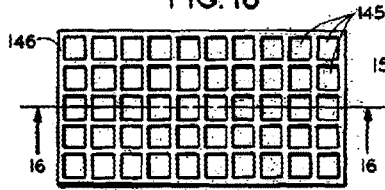


FIG. 17

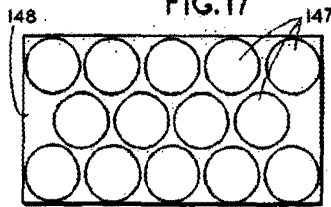


FIG. 18

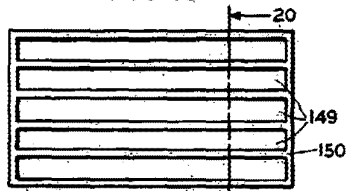


FIG. 19

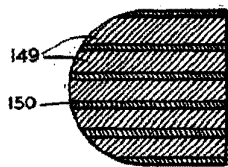


FIG. 20

FIG. 24

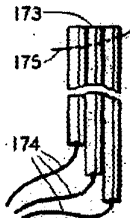
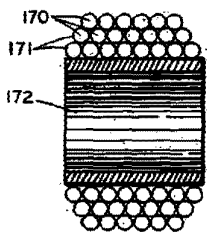


FIG. 25

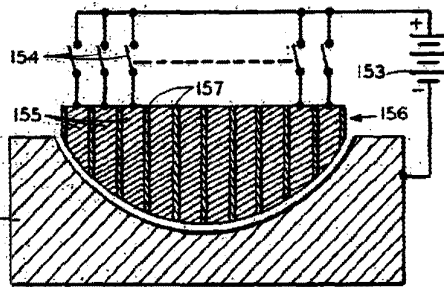


FIG. 21

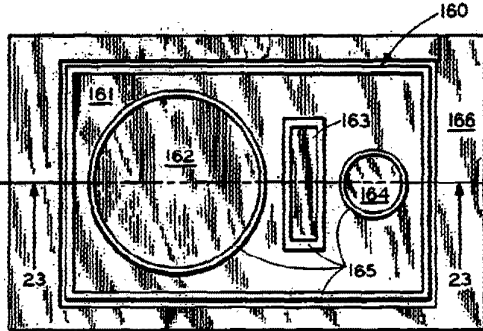


FIG. 22

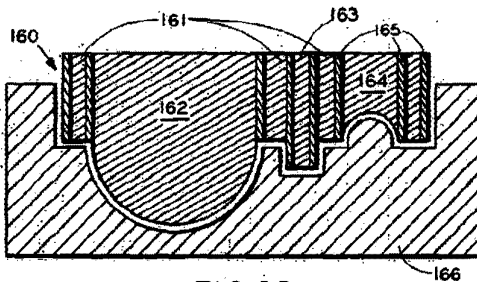


FIG. 23

299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 19 64

ALFONSO UNGRIA



FIG. 26

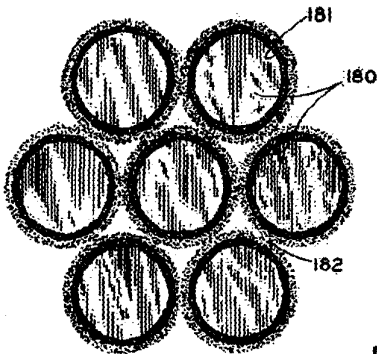


FIG. 27

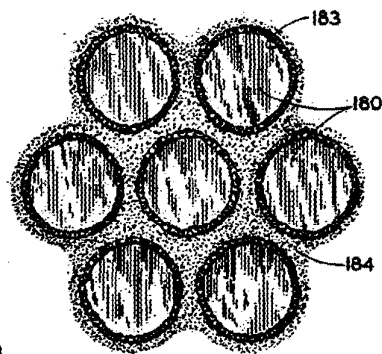


FIG. 31

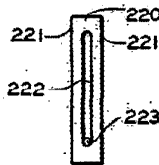


FIG. 30

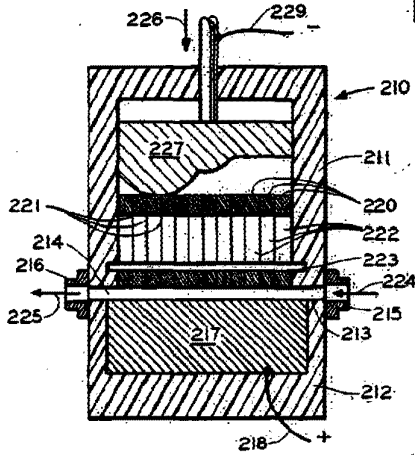
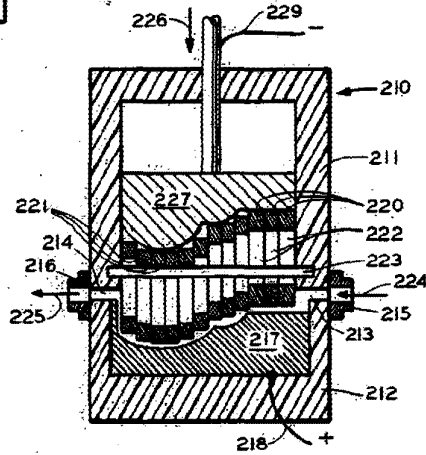


FIG. 32



299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 1964.

ALFONSO UNGRÍA

*[Handwritten signature]*

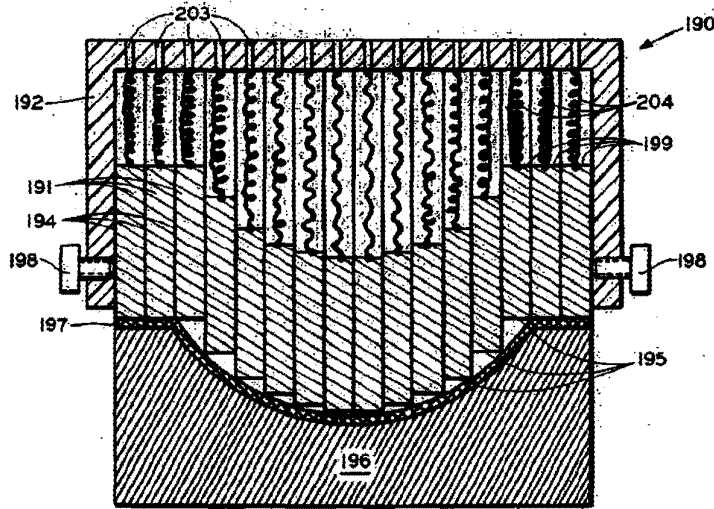


FIG. 28

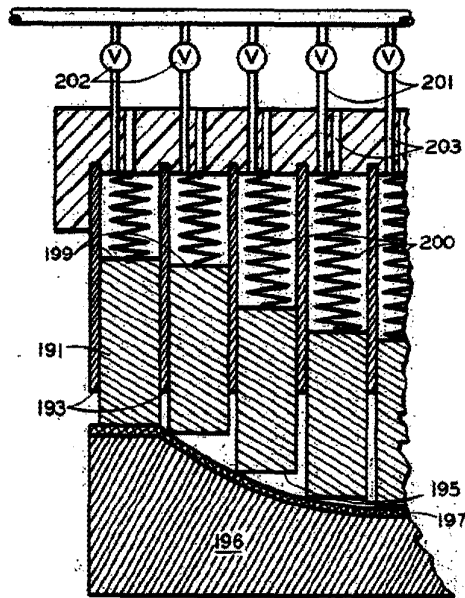


FIG. 29

299132

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE abril DE 1964.  
ALFONSO UNGRIG

*Handwritten signature*