



ESPAÑA

ES 443971 A1
FECHA DE PRESENTACION
30-12-1975

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES.		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL B23K	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
64 TITULO DE LA INVENCION "UN METODO PARA LA SOLDADURA POR RECUBRIMIENTO O SOLAPE DE PLAN- CHAS DE TUBOS" CONCEDIDA		
71 SOLICITANTE (S) VLADILEN FEDOROVICH MININ, MIKHAIL SAMUILOVICH KACHAN y BORIS ANATOLIEVICH YABLOCHNIKOV		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE Ulitsa Tereshkovoï 36a, Kv. 14, Ulitsa Zolotodolinskaya 17, kv. 7 y Ulitsa Chaplygina 39, kv. 4, NOVOSIBIRSK, Unión de Republicas Socia- listas Sovieticas		
72 INVENTOR (ES) Vladilen Fedorovich Minin, Mikhail Samuilovich Kachan y Boris Anatolievich Yablochnikov		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ		

POOR
QUALITY

La presente invención se refiere a métodos de soldadura de metales por impulsos magnéticos y, más particularmente, a métodos para la soldadura de recubrimien-
to o solape de planchas para tubos y a dispositivos para
5 efectuar dichos métodos.

Se sabe que la soldadura por impulsos magnéticos hace posible unir conjuntamente planchas para tubos de metales similares y diferentes con un mínimo de consumo de energía. Tal procedimiento se utiliza principalmente para soldar planchas para tubos de pared delgada
10 en metales ligeros y aleaciones. Se caracteriza por elevados rendimientos y gran eficacia de producción. En el presente, la soldadura de tubos de aleaciones de aluminio con espesores de pared de 1 a 1,5 mm y un diámetro
15 de 30 a 40 mm se puede considerar como un campo tecnológicamente dominado. Sin embargo, este campo podría extender sustancialmente para hacer mayor la eficacia del proceso de soldadura, más larga la vida de servicio de los equipos y más simples las operaciones preparatorias.
20

Se conoce en la técnica un método de soldadura por impulsos magnéticos (véase, por ejemplo, el Certificado de inventor de la URSS número 226393, Cl. B23k 19/00), en la que una corriente establecida en una
25 bobina inductora, cuando un grupo de condensadores pre-

viamente cargados están conectados a la misma, induce una corriente inversa en una plancha o pieza para tubos de un material eléctricamente conductor, situada muy cerca de la bobina inductora. La interacción de estas corrientes, cuyos campos magnéticos establecen una amplitud de presión total que excede considerablemente la del punto de deformación del metal que está siendo tratado, acelera una sección a soldar de una plancha movible. La soldadura de planchas para tubos origina la transferencia radial de la sección extrema de la plancha movible, produciéndose una junta soldada cuando la sección anterior choca con una plancha o pieza estacionaria.

Por regla general, una sección de plancha deformada bajo el efecto de un campo magnético pulsatorio tiene una forma de un tubo de pared delgada. Una plancha que incorpora una tal sección se denominará en lo que sigue plancha movible y una plancha deformada se denominará plancha estacionaria. Esta última puede tener un contorno cilíndrico, cónico o cualquier otro. Las anteriores expresiones se utilizarán cuando se consideren simultáneamente ambas planchas a soldar conjuntamente. Si las planchas se montan previamente con un espacio de separación entre ellas, entonces la velocidad de una sección que se desplaza de la plancha movible en el instante de su colisión alcanzará un valor de varios cientos de metros por segundo, ascendiendo las presiones desa-

rrolladas en la zona de contacto de las superficies a soldar a cientos de miles de atmósferas. Si las superficies chocan formando un ángulo (colisión oblicua), siendo este proporcionado por el perfilado de las planchas ya sea previamente o durante la aceleración, resulta una junta soldada.

El método conocido de soldar por impulsos magnéticos adolece de las siguientes desventajas: baja eficacia; una posibilidad de producir soldaduras sólo a velocidades de colisión relativamente altas y una necesidad de limpiar a fondo las superficies que están siendo soldadas, previamente a la soldadura.

En lo que se refiere a la eficacia de soldadura η , existe una relación de la masa de metal que está siendo soldado realmente a la energía consumida, que se puede expresar como : $\eta = \frac{2\pi D l \delta \rho}{C_0 \cdot U_0^2}$

en donde D = diámetro medio de la sección soldada de la plancha movable;

l = anchura de soldadura a lo largo del eje geométrico de la plancha movable;

δ = profundidad de la sección soldada de la plancha movable;

ρ = densidad del metal de la plancha movable;

C_0 = capacidad de un grupo de condensadores;

U_0 = tensión en los terminales del grupo
de condensadores.

5 Los dispositivos conocidos para soldadura por
impulsos magnéticos mediante el método descrito se ca-
racteriza por un simple diagrama de circuito de co-
rriente fuerte. Este último comprende un grupo o ba-
tería de condensadores, un mecanismo de conmutación o
interrupción de corriente y una bobina inductora, todos
ellos conectados en serie por conductores de corriente
10 de baja inductancia.

Los problemas encontrados en el desarrollo de
grupos o baterías de condensadores de alta calidad han
sido resueltos en gran medida, ya que la industria ha
dominado la fabricación de condensadores de descarga de
15 impulsos que se caracterizan por una elevada capacidad
específica de almacenamiento, baja inductancia interna
y una larga vida de servicio. Los mecanismos de inte-
rrupción de corriente, y especialmente las bobinas in-
ductoras, son puntos débiles de los dispositivos para
20 la soldadura por impulsos magnéticos. Una gran parte
de la energía suministrada por las baterías de conden-
sadores se pierde en los mecanismos de interrupción de
corriente. Estos están propensos al desgaste y necesi-
tan el uso de generadores de impulsos de disparo para
25 controlarlos. La herramienta de trabajo de los disposi-
tivos para la soldadura por impulsos magnéticos es una

bobina inductorá. Se conocen más ampliamente bobinas inductoras de múltiples vueltas y de una sola vuelta, así como una bobina inductora de múltiples vueltas con un concentrador de flujo magnético. La bobina inductora de múltiples vueltas tiene un campo magnético prácticamente uniforme, se acopla fácilmente con un grupo simple y económico de condensadores, pero se caracteriza por una resistencia mecánica mínima. La bobina inductora de una sola vuelta tiene una resistencia mecánica máxima, pero necesita un grupo de condensadores de alta calidad y, por lo tanto, caros. Además, adolece de una desventaja inherente, como es un campo magnético debilitado en la zona del espacio de separación. Estas desventajas se superan parcialmente en una bobina inductora de múltiples vueltas con un concentrador de flujo magnético, pero a expensas de pérdidas de energía adicionales. Así, está todavía pendiente de resolver el problema de desarrollar una bobina inductora perfecta. La técnica de soldadura por impulsos magnéticos requiere bobinas inductoras capaces de generar impulsos de campo magnético repetitivo con una intensidad máxima, siendo, por lo tanto, especialmente crucial el problema de la durabilidad de la bobina inductora.

Más perfecto es un procedimiento de soldadura (véase, por ejemplo, la patente norteamericana número

3258573, Cl. 219/95), en la que antes de establecer un campo de impulsos magnéticos las planchas para tubos se calientan hasta que se ablandan por medio de corrientes de alta frecuencia producidas por un generador especial. Tal precalentamiento permite que el proceso de soldadura sea llevado a cabo a menores amplitudes del campo magnético pulsatorio, una característica que prolonga la vida de servicio de las bobinas inductoras. Sin embargo, el calentamiento de toda la masa del metal de la plancha conduce a un elevado consumo de corrientes de alta frecuencia, necesita el uso de gases inertes para proteger las superficies que se están soldando conjuntamente contra la oxidación y cambios de la estructura metálica, y que sean sometidos, por lo tanto, los artículos acabados a un recocido posterior a la soldadura.

El procedimiento de soldadura anteriormente descrito requiere dispositivos mucho más complicados que los utilizados para la soldadura usual por impulsos magnéticos. El coste del generador de corriente de alta frecuencia se aproxima al del sistema de impulsos magnéticos del dispositivo anterior. Los regímenes de producción de este procedimiento disminuyen materialmente debido a los ciclos prolongados de calentamiento y recocido, haciéndose mucho más caro el procedimiento de

soldadura propiamente dicho.

Así, el método conocido no resuelve los problemas planteados en la soldadura por impulsos magnéticos.

5 El objeto principal de la invención es superar las desventajas anteriores de los métodos de soldadura por recubrimiento o solape adoptados en la práctica mundial.

10 Otro objeto de la invención es proporcionar un método para la soldadura por recubrimiento de planchas para tubos y un dispositivo para efectuar dicho método, con los que se aseguraría una eficacia mayor en la soldadura de planchas de metales similares y distintos, elevada calidad y identidad de juntas soldadas por modificación del modo de calentamiento de dichas
15 planchas con corriente eléctrica.

Dicho objeto y otros se consiguen mediante la creación de un método para la soldadura de planchas por recubrimiento o solape, de las cuales una es una plan
20 cha movible que tiene una sección tubular soldada y la otra es una plancha estacionaria con una sección soldada coaxial con la plancha movible, comprendiendo dicho método las operaciones de precalentar dichas planchas y comprimir a continuación sus superficies que están siendo
25 soldadas deformando la sección soldada de la plancha

movible bajo la presión de un campo magnético de impulsos, en el que, de acuerdo con la invención, el precalentamiento se efectúa haciendo pasar una corriente eléctrica en direcciones radiales entre las planchas, simultáneamente a lo largo de toda la circunferencia de una junta soldada.

Es conveniente que la corriente eléctrica hecha pasar entre las planchas sea una corriente de impulsos o un tren de dichos impulsos.

La corriente pulsatoria puede ser hecha pasar entre las planchas en el momento en que sus superficies a soldar están siendo comprimidas.

Las planchas se pueden disponer con un espacio de separación lleno por un material eléctricamente conductor.

La sección soldada de la plancha movible, podría tener mejor la forma de un cono truncado, tocando su extremo la plancha estacionaria a lo largo de su circunferencia.

Es especialmente favorable que las planchas estén dispuestas con el espacio de separación lleno de un gas a baja presión.

Las planchas se pueden fabricar de metales similares, tales como acero-acero, cobre-cobre y aluminio-aluminio.

Pero se pueden producir también de metales diferentes, tales como cobre-acero, acero-aluminio y aleaciones de los mismos, aceto-titanio y aleaciones de los mismos, cobre-titanio y aleaciones de los mismos, aluminio-titanio y aleaciones de los mismos.

Para llevar a cabo el método propuesto en un dispositivo que comprende un grupo de condensadores conectados en serie con un mecanismo de interrupción de corriente y con una bobina inductora destinada a formar la sección soldada de la plancha movible, de acuerdo con la invención, se acopla un grupo de condensadores de activación a las planchas mediante conductores de corriente de baja inductancia para generar entre ellos la corriente de impulsos.

Es muy razonable que un mecanismo de interrupción de corriente esté conectado en serie con el circuito del grupo de condensadores de activación, permitiendo dicho mecanismo de interrupción de corriente soldar las planchas a una tensión de ruptura baja a través del espacio de separación entre ellas, tanto cuando el espacio está lleno con un material eléctricamente conductor como cuando las planchas están en contacto directo mutuo.

Es de lo más eficaz introducir un arrollamiento de alta tensión de un transformador de acoplamiento

de impulsos en el circuito del grupo de condensadores de activación, estando su arrollamiento de baja tensión conectado a las planchas.

5 De acuerdo con la invención, en el dispositivo que comprende el grupo de condensadores conectados en serie a la bobina inductora que deforma la sección soldada de la plancha movable, se crea la posibilidad de acoplar una plancha a la bobina inductora y la otra a la batería de condensadores haciendo uso de
10 conductores de corriente de baja inductancia. Con la disposición anterior, el mecanismo de interrupción de corriente se puede emitir, ya que las propias planchas actuarán como un mecanismo de interrupción de corriente, siendo calentada dichas planchas por la corriente
15 pulsatoria que pasa a través de la bobina inductora.

El mecanismo de interrupción de corriente puede estar conectado en serie con la bobina inductora, el grupo de condensadores y las planchas; esto haría posible soldar las planchas a una tensión de ruptura baja,
20 tanto con el espacio de separación lleno con una material eléctricamente conductor como con las planchas tocándose mutuamente.

Sería valioso que el dispositivo constituido por el grupo de condensadores conectados en serie con
25 las planchas y con la bobina inductora que deforma la

sección soldada de la plancha movable tuviera conectados un grupo o batería de condensadores de activación a las planchas para aumentar la corriente eléctrica pulsatoria que pasa a su través.

5 Es aconsejable que el mecanismo de interrupción de corriente que permite aumentar la tensión de funcionamiento de la batería de condensadores está conectado en serie con la bobina inductora y con la batería de condensadores.

10 También es conveniente que el mecanismo de interrupción de corriente esté conectado en serie a la batería de condensadores de activación, proporcionando por lo tanto una elevada tensión de funcionamiento en la batería y la posibilidad de cortarla, por ejemplo, en el instante en que son comprimidas las superficies a soldar, en lugar de estar conectado en serie a la batería de condensadores y a la bobina inductora y evite así pequeñas pérdidas en este circuito.

15 Es particularmente valioso conectar un mecanismo de interrupción de corriente en serie con la bobina inductora y la batería de condensadores y otro con la batería de condensadores de activación, proporcionando con ello una amplia posibilidad de ajustar las condiciones de soldadura.

20 El dispositivo que comprende la batería de

condensadores conectados en serie mediante conductores de corriente de baja inductancia con las planchas que están siendo soldadas y con la bobina inductora que de forma la sección soldada de la plancha movable podría tener mejor un espacio de separación entre una de las planchas y su conductor de corriente de baja inductancia, estando dicho espacio lleno con un gas de baja presión y atravesado por una descarga eléctrica durante la soldadura.

10 Las planchas y sus conductores de corriente de baja presión y atravesado por descargas eléctricas durante la soldadura.

También es conveniente que en el dispositivo constituido por la batería de condensadores conectados en serie con el mecanismo interruptor de corriente y con la bobina inductora que deforma la sección soldada de la plancha movable, y el grupo o batería de condensadores de activación acoplados por los conductores de corriente de baja inductancia a las planchas para producir una corriente de impulsos entre ellos, esté dispuesto un espacio de separación, lleno con el gas a baja presión y atravesado por una descarga eléctrica durante la soldadura, entre una de las planchas y su conductor de corriente de baja inductancia.

25 Se ha visto también que es práctico que ambas

planchas y sus conductores de corriente de baja inductancia estén dispuestos con espacios de separación llenos con un gas a baja presión y atravesados por descargas eléctricas durante la soldadura.

5 Finalmente, se prefiere que los terminales de la batería de condensadores estén provistos de desconectadores.

10 La eficacia del método de soldadura propuesto es de 5 a 10 veces mayor que la del procedimiento de soldadura por impulsos magnéticos de la técnica anterior. El método propuesto no requiere ni operaciones de consumo de mano de obra y caras ni limpieza de las superficies a soldar. El mismo proporciona una amplia posibilidad de soldar a solape o recubrimiento planchas para tubos con diferentes estructuras en la zona de soldadura, tal como
15 soldar a través de una capa intermedia de un polvo metálico o un material de soldadura (soldador), procedimiento de soldadura similar al de descarga de condensadores de la técnica anterior. Lo más prometedor desde el punto
20 de vista práctico es la soldadura de planchas montadas con un espacio de separación que está lleno con un gas a baja presión y calentadas por una corriente de impulsos de elevada magnitud, del orden de 10^3 a 10^7 A. El espacio de separación permite acelerar la sección soldada de la plancha movable hasta una velocidad de varios
25

cientos de metros por segundo y desarrollar elevadas presiones entre las superficies a soldar durante su colisión con la plancha estacionaria. En este caso, la corriente fluirá a través de una descarga eléctrica en el gas que llena el espacio. Debido a la naturaleza pulsatoria de la corriente, es posible obtener un impulso potente con ayuda de simples y baratos dispositivos de almacenamiento de energía, de los cuales el más conveniente es una batería de condensadores. El flujo térmico de alta potencia al cual están expuestas las superficies a soldar de las planchas durante el paso de una fuerte corriente pulsatoria y una conductividad térmica restringida de los metales dan lugar a que se calienten hasta el punto de fusión sólo delgadas capas superficiales de las planchas que están siendo calentadas,

Un factor significativo que conduce a la producción de una junta soldada es la presión de un campo magnético natural establecido por la corriente y proporcional al cuadrado de la densidad de corriente. La gran amplitud de la corriente pulsatoria que fluye entre las planchas corresponde a una elevada presión de su campo magnético natural en la descarga eléctrica en el espacio de separación entre las planchas. Esta presión obliga a la combustión de productos de impurezas y óxidos, cli-

minándolos del espacio de separación a una gran velocidad e impulsa algo del metal fundido fuera de las superficies soldadas.

5 Así, en la versión propuesta, las planchas no sólo son precalentadas antes de la soldadura, si no que se efectúa una secuencia mucho más eficaz del proceso preparatorio, comprendiendo la anterior secuencia las operaciones de precalentar sólo delgadas capas metálicas de las superficies a soldar hasta sus puntos de fusión y limpiar estas superficies bajo el efecto de la presión del campo magnético natural de la corriente pulsatoria. El efecto de unión de estos dos procedimientos se denominaría a continuación "activación de planchas" o "activación de las superficies a soldar".

10

15 Una activación electrotérmica eficaz de las superficies soldadas bajo el efecto de una potente descarga entre las planchas justamente antes o en el momento de su colisión garantiza una alta calidad e identidad de las juntas soldadas. Ello permite obtener juntas soldadas de alta calidad a velocidades de colisión mucho más bajas de las superficies soldadas (100 a 200 m/s) que en el caso de soldadura convencional por impulsos magnéticos.

20

25 Como consecuencia, la intensidad del campo magnético en la bobina inductora se puede disminuir y,

por lo tanto, el problema de su longevidad sería resuelto del modo más eficaz.

Debido a una naturaleza transitoria de impulso de la activación de las capas superficiales delgadas solamente de las planchas, la totalidad de la masa del metal permanece prácticamente fría, lo que preserva su estructura y crea las condiciones necesarias para la formación de tipos de estructura cualitativamente nuevos en las juntas soldadas. Esto ofrece la posibilidad de soldar diversos pares metálicos que o bien no pueden soldarse por los procedimientos de soldadura de la técnica anterior o bien se sueldan con una menor eficiencia.

Las juntas soldadas producidas por el método propuesto tienen prácticamente siempre una elevada hermeticidad al vacío.

Los dispositivos para efectuar el método de soldadura propuestos son aconsejables para sustituir los equipos normales para la soldadura por impulsos magnéticos, especialmente cuando se agotan sus capacidades; en la práctica, esto significa que se pueden emplear para soldar planchas de metales ligeros y aleaciones con un diámetro de una sección soldada de la plancha móvil superior a 30 mm y espesores de pared superiores a 1 mm. Para una plancha móvil de metales pesados y aleaciones,

las dimensiones anteriormente indicadas serían, por lo tanto, de aproximadamente 20 mm y 0,5 mm. El método propuesto de soldadura es siempre preferible cuando se requiere una junta soldada hermética al vacío.

5 La naturaleza de la invención resultará clara de la siguiente descripción detallada de sus realizaciones particulares, tomadas en combinación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

10 La figura 1 es un dibujo esquemático que ilustra el método propuesto para la soldadura de planchas de tubos dispuestas con un espacio de separación lleno con un material eléctricamente conductor, de acuerdo con la invención;

15 La figura 2 es un dibujo esquemático que ilustra el método propuesto de soldar planchas cuando la sección soldada de una plancha movable tiene la forma de un cono truncado y cuando su extremo toca una plancha estacionaria a lo largo de su circunferencia, de acuerdo con la invención;

20 La figura 3 es un dibujo esquemático que ilustra el método propuesto de soldar planchas colocadas con un espacio de separación lleno con un gas a baja presión, de acuerdo con la invención;

25 La figura 4 muestra un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura conectando un gru-

po o batería de condensadores de activación a las planchas, de acuerdo con la invención;

5 La figura 5 muestra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto, que comprende un mecanismo de interrupción de corriente insertado en el circuito del grupo de condensadores de activación, de acuerdo con la invención;

10 La figura 6 representa un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura, que comprende un transformador de acoplamiento que está en el circuito de la batería de condensadores de activación, de acuerdo con la invención;

15 La figura 7 muestra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto, con las planchas conectadas en serie con una bobina inductora y la batería de condensadores, de acuerdo con la invención;

20 La figura 8 muestra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto, que comprende un mecanismo de interrupción de corriente conectado en serie con la bobina inductora, la batería o grupo de condensadores y las planchas, de acuerdo con la invención;

25 La figura 9 ilustra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto, que comprende la batería de condensadores de activación conectados a las planchas en paralelo con un circuito eléctrico, que com-

prende una bobina inductora y un grupo de condensadores conectados en serie de acuerdo con la invención;

5 La figura 10 muestra un dispositivo para realizar el método de soldadura propuesto, que comprende una batería de condensadores de activación conectados a las planchas o piezas en paralelo con un circuito eléctrico que comprende una bobina inductora, una batería de condensadores y un mecanismo de interrupción de corriente conectados en serie, de acuerdo con la invención;

10

La figura 11 representa un dispositivo para realizar el método propuesto de soldadura con una batería de condensadores de activación conectados a través de un mecanismo de interrupción de corriente a las planchas, en paralelo con un circuito eléctrico que comprende una bobina inductora y una batería de condensadores conectados en serie, de acuerdo con la invención;

15

La figura 12 muestra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto con una batería de condensadores de activación conectados a través de un mecanismo de interrupción de corriente a las planchas, en paralelo con un circuito eléctrico que comprende una bobina inductora, una batería de condensadores y un mecanismo de interrupción de corriente, conectados en serie de acuerdo con la invención;

20

25

La figura 13 muestra un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura en el caso de que esté previsto un espacio de separación entre una de las planchas y su conductor de corriente de baja inductancia que la conecta a un circuito eléctrico que comprende una bobina inductora y una batería de condensadores conectados en serie, de acuerdo con el invento;

La figura 14 muestra un dispositivo para la realización del método propuesto de soldadura, con espacios de separación previstos entre ambas planchas y sus conductores de corriente de baja inductancia que las conectan a un circuito eléctrico que comprende una bobina inductora y una batería de condensadores conectados en serie, de acuerdo con el invento;

La figura 15 muestra un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto, equipado con un desconectador montado entre la batería de condensadores y un circuito eléctrico que comprende las planchas, una bobina inductora y conductores de corriente de baja inductancia conectados en serie, de acuerdo con el invento.

Según se muestra, para producir una junta soldada, se deben impulsar las superficies metálicas en el sentido de juntarse a una distancia que asegure las fuerzas de interacción o interatómicas. Esto se puede conseguir ya sea calentando el metal hasta que se establece

un baño de soldadura común (soldadura de fusión) o aplicando una presión suficiente para originar la fluencia plástica de los metales (soldadura de presión). En el último caso, las superficies que se están soldando se
5 deben limpiar a fondo las películas de óxido y grasa y de una capa de gases absorbidos que ocupan los enlaces de valencia libre de los átomos del metal de la superficie.

En realizaciones particulares diferentes del
10 método propuesto de soldadura, el grado de calentamiento, de limpieza y de compresión de las superficies a soldar puede variar dentro de un amplio margen. Pero el calentamiento de las planchas mediante el paso de una corriente eléctrica simultáneamente en direcciones radiales entre las planchas, a lo largo de toda la circunferencia de la junta soldada, es común para todas estas
15 realizaciones.

A este fin, si se realiza la soldadura por deformación axial normal a los ejes de la sección soldada de la plancha móvil, dicha sección está situada dentro
20 de una bobina inductora. En el caso de que el proceso de soldadura se efectúa deformando la plancha en el sentido opuesto, la bobina inductora está introducida dentro de la plancha móvil. Se pueden tomar para efectuar la soldadura planchas o piezas de diversas formas. Pero un re-
25

quisito previo del procedimiento de soldadura propuesto es una forma tubular de la sección a soldar de la plancha movable. En la mayoría de los casos de importancia práctica tiene el contorno de un tubo cilíndrico, aunque podría ser también un tubo cónico o con una sección transversal elíptica, cuadrada o alguna otra. Una plancha o pieza estacionaria puede ser o bien tubular o maciza, siendo, por ejemplo, de la forma de un cilindro, cono, una cabeza de tambor, un tapón, etc. En la mayoría de los casos, su sección en un plano normal al eje geométrico es similar en su configuración a la de la plancha movable, pero puede diferir de esta última.

En los dibujos, la figura 1 ilustra esquemáticamente el procedimiento de soldadura cuando se sitúa una plancha o pieza movable 1 con un espacio de separación "a" con respecto a una plancha o pieza estacionaria 2. El espacio de separación "a" está lleno con algún material eléctricamente conductor, tal como un polvo metálico soldable con ambos metales, el de la plancha 1 y el de la plancha 2. La sección a soldar de la plancha movable 1 está contenida dentro de una bobina inductora 3 y es deformada radialmente con respecto a los ejes geométricos de las planchas 1 y 2. Conectados en serie con la bobina inductora 3, a través de un mecanismo de interrupción de corriente 4, hay una batería o grupo de con-

5 condensadores 5. Un generador de corriente eléctrica 6 está acoplado a las planchas 1 y 2. Antes de comenzar el ciclo de soldadura, se montan las planchas 1 y 2 según se requiera, se llena el espacio de separación "a" entre ellas con un material apropiado y se carga el grupo de condensadores 5 a la tensión de funcionamiento.

10 El ciclo de soldadura se inicia suministrando corriente eléctrica a las planchas 1 y 2 desde el generador de corriente 6. El espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2, lleno con un material eléctricamente conductor en la forma de un polvo metálico, es de resistencia muy superior al resto de los elementos del circuito eléctrico dado. Por lo tanto, el paso de corriente eléctrica a través de este espacio da lugar a la liberación de calor.

15 La cantidad de calor liberada es variable, dependiendo de la potencia del generador de corriente 6 y del tiempo en que fluye la corriente, siendo por lo tanto diferente el grado de calentamiento del polvo metálico y de las secciones soldadas de las planchas 1 y 2. En cada caso particular su valor óptimo deberá elegirse experimentalmente por diversos ensayos de soldadura.

20 Tras el calentamiento de las planchas 1 y 2 y del material eléctricamente conductor, se conecta entre ellos el mecanismo de interrupción de corriente 4.

Como consecuencia, la batería de condensadores 5 se descarga a través de la bobina inductora 3, estableciendo en la misma un campo magnético pulsatorio. Bajo el efecto de este campo se deforma la sección a soldar de las planchas 1 y 2, dando ello lugar a la compresión del material eléctricamente conductor calentado, situado entre las superficies calientes de las planchas 1 y 2, y a la soldadura subsiguiente de dichas dos planchas 1 y 2. En este caso, una junta soldada entre las planchas 1 y 2 tiene una capa intermedia del material eléctricamente conductor.

Es conveniente que se haga pasar la corriente eléctrica entre las planchas 1 y 2 en la forma de una corriente de impulsos o de un tren de tales impulsos. En este caso se pueden obtener potentes impulsos de corriente de corta duración y, por lo tanto, impulsos de flujo de calor en la zona de soldadura, utilizando simples medios de la técnica. Prácticamente, la difusión de calor desde la zona de soldadura es siempre despreciablemente pequeña, mejorando esto la eficacia del calentamiento por corriente eléctrica de las planchas 1 y 2. Debido a la naturaleza transitoria del calentamiento de la zona de soldadura, no se produce la oxidación de las superficies soldadas.

En la mayoría de los casos, la energía precisa-

da para producir la corriente de impulsos se puede almacenar previamente en dispositivos de almacenamiento de energía, de los cuales las baterías o grupos de condensadores han encontrado la más amplia aplicación. Debido a esta energía almacenada dentro del período de tiempo que supera en cientos de miles de veces la duración del ciclo de calentamiento, solamente se absorbe de la red de suministro una cantidad muy pequeña de energía.

La naturaleza de los impulsos de la corriente de calentamiento hace posible realizar en la práctica una variante importante del método propuesto, en la que una corriente eléctrica es hecha pasar entre las planchas 1 y 2 en el instante en que están comprimidas sus superficies soldadas. Esto permite la posibilidad de, por ejemplo, presionar previamente el material en polvo eléctricamente conductor en el espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2, estabilizando sus características eléctricas y mejorando con ello la eficacia del calentamiento con corriente eléctrica.

La figura 2 muestra esquemáticamente una realización particular del método de soldadura propuesto sin una capa intermedia de un material eléctricamente conductor. A este fin, la sección a soldar de una plancha o pieza 1' está configurada como un tronco de cono

con su extremo tocando la plancha estacionaria 2 a lo largo de su circunferencia. La plancha 1' puede ser conformada al exterior del equipo de soldadura o estar insertada en el mismo, siendo lo último más conveniente, ya que el proceso de conformación se efectúa bajo el efecto de un campo magnético establecido en la bobina inductora 3 antes de la soldadura, recibiendo la bobina inductora a la sección soldada de la plancha 1'.

De acuerdo con la figura 2, el generador de corriente 6 está conectado a las planchas 1' y 2 insertado en la bobina inductora 3 alimentada a través del mecanismo 4 de interrupción de corriente desde la batería de condensadores 5. Antes de que se inicie el ciclo de soldadura, se sitúan las planchas 1' y 2 de la manera descrita anteriormente y se carga la batería de condensadores hasta la tensión de operación.

El ciclo de soldadura comienza suministrando corriente eléctrica a las planchas 1' y 2 desde el generador de corriente 6. En el punto de contacto de las planchas 1' y 2, la resistencia activa del circuito eléctrico es mucho mayor que en sus secciones restantes. Por lo tanto, el paso de la corriente eléctrica da lugar a la liberación de gran cantidad de calor en este punto. Dependiendo de la potencia del generador de corriente 6 y del tiempo del flujo de corriente, puede ha

ber dos grupos de condiciones de calentamiento para las planchas calentadas en la zona de soldadura, estando la primera caracterizada por la cantidad de calor liberada en el punto de contacto de las planchas 1' y 2, siendo dicha cantidad suficiente sólo para fundir pequeñas cantidades de metal en ambas planchas 1' y 2. En este caso el proceso de soldadura, similar en la naturaleza de la junta de soldadura al procedimiento conocido de descarga de condensadores, se efectúa conectando el mecanismo 4 de interrupción de corriente, haciendo posible la descarga de la batería de condensadores 5 a través de la bobina inductora 3 y estableciendo con ello un campo magnético pulsatorio en la misma.

El segundo grupo de condiciones tiene lugar usualmente cuando se utilizan corrientes pulsatorias fuertes y se caracteriza por la cantidad de calor liberada en el punto de contacto de las planchas 1' y 2, siendo dicha cantidad suficiente para fundir cantidades grandes de metal en las superficies de las planchas 1' y 2 y para su evaporación parcial. En este caso, el proceso de calentamiento está acompañado por una elevada presión ejercida por el campo magnético natural de la corriente eléctrica pulsatoria en la zona de calentamiento de las planchas 1' y 2. El efecto combinado de los fenómenos anteriormente descritos da lugar a la eli

minación de metales fundidos de la zona de contacto inicial de las planchas 1' y 2 y el flujo subsiguiente de la corriente a través de una descarga eléctrica entre las planchas 1' y 2 en los vapores de metal. Así, el
5 proceso de calentamiento de las planchas 1' y 2 pasa por alto su segunda etapa, denominada anteriormente activación de la plancha.

Se sabe que las descargas eléctricas en corrientes muy fuertes son inestables. Tienen tendencia a
10 la contracción en uno o varios canales (efecto de reogtricción). Fenómenos similares ocurren cuando se calientan las planchas 1' y 2 por el procedimiento propuesto. Pero, puesto que en este caso particular sólo el resultado final del flujo de corriente es de interés práctico,
15 es decir, el calentamiento de las planchas 1' y 2, el grado de estabilidad de la descarga eléctrica no es decisivo. Como se muestra por los experimentos, las superficies de las planchas 1' y 2 activadas por una descarga eléctrica están cubiertas por numerosas trazas de
20 orsión metálica más pronunciada en los puntos de concentraciones de corriente contra un fondo de superficies uniformemente fundidas de manera uniforme. La superficie activada es uniforme a lo largo de la circunferencia de la junta soldada. Su anchura varía entre 5 y 30 mm, dependiendo de la magnitud de la corriente pulsatoria y de
25 la configuración de las planchas.

Una junta soldada se produce cuando la sección soldada de la plancha movable 1' es comprimida por el campo magnético pulsatorio establecido en la bobina inductora 3 al conectarla a la batería de condensadores 5 con ayuda del mecanismo 4 de interrupción de corriente.

Su estructura, si se traza axialmente desde el punto de contacto inicial de las planchas 1' y 2, cambia a lo largo de su anchura. En primer lugar, la estructura de la junta soldada es similar a la obtenida por el procedimiento conocido de soldadura por descarga de condensadores, pero adquiere entonces una apariencia específica, caracterizada por ondas de las superficies soldadas de las planchas 1' y 2 emparejadas con una capa intermedia de metal fundido solidificado.

La figura 3 ilustra esquemáticamente el método de soldadura propuesto, estando situada una plancha 1 con respecto a la plancha estacionaria 2 con un espacio de separación "a" lleno con un gas a baja presión, de aproximadamente 10^{-1} a 10^{-6} mm Hg. La sección soldada de la plancha movable 1 está dispuesta dentro de la bobina inductora 3. Esta sección se deforma radialmente con respecto a los ejes geométricos de las planchas 1 y 2. Un grupo o batería de condensadores están conectados en serie con la bobina inductora 3 a través de un mecanismo 4 de interrupción de corriente. Un generador de corriente eléctrica 6 está acoplado a las planchas 1 y 2.

Antes de iniciar el ciclo de soldadura, se montan apropiadamente las planchas 1 y 2, se llena el espacio de separación "a" entre ellas con un gas a baja presión, de aproximadamente 10^{-1} a 10^{-6} mm Hg y se carga la batería de condensadores 5 a su tensión de operación.

El ciclo de soldadura comienza mediante la aplicación de tensión a las planchas 1 y 2 e iniciando una descarga eléctrica en el espacio de separación "a". Una descarga eléctrica en un gas a baja presión, aunque requiere ciertas medidas técnicas para crearla, tiene un cierto número de ventajas definidas en comparación con las descargas de otros tipos.

Está bastante exenta de ruido y su efecto dinámico de gas sobre las planchas 1 y 2, así como sobre las unidades de una máquina de soldadura, es pequeño. El efecto gasdinámico depende de la presión del gas residual en el espacio de separación "a". La descarga eléctrica en el gas a baja presión es más estable y la tensión de descarga para los espacios "a", permisible desde el punto de vista técnico, es más elevada. Esta última depende de la configuración de las planchas y de la presión residual en el espacio de separación "a". Una descarga adicional de la descarga eléctrica a una baja presión reside en que se puede iniciar cambiando la presión de acuerdo con la conocida "ley de Paschen".

El uso de una corriente pulsatoria proporciona una activación más favorable de las superficies de planchas soldadas. Las investigaciones de la superficie activada de las planchas 1 y 2 han mostrado que, en
5 contraposición a la realización precedente, está completamente exenta de cualesquiera heterogeneidades, conservándose la limpieza incluso en caso de desalineación considerable de las planchas 1 y 2. El grado de activación de las planchas 1 y 2 depende de la potencia del generador de corriente 6 y del período de la corriente. Su
10 valor óptimo se debe elegir experimentalmente en cada caso particular por varios ensayos de soldadura.

Tras la activación de las planchas 1 y 2, se conecta el mecanismo de interrupción de corriente 4 y se
15 comprime la sección a soldar de la plancha 1 bajo el efecto del campo magnético pulsatorio establecido en la bobina inductora 3 cuando la batería de condensadores 5 se descarga en la misma. Desplazándose en la distancia igual al valor del espacio de separación "a", cada elemento de
20 la sección soldada de la plancha movable 1 alcanza una velocidad de cientos de metros por segundo y, tras chocar con la plancha estacionaria 2, desarrolla elevadas presiones entre las superficies a soldar de las planchas 1 y 2. Se debe hacer observar que, debido a la activación de estas superficies, se pueden utilizar regímenes
25

sustancialmente inferiores de recorrido de la sección soldada de la plancha movable 1 que los utilizados en la soldadura por impulsos magnéticos de la técnica anterior.

5 Las superficies a soldar de las planchas 1 y 2 deben chocar con un cierto ángulo, de aproximadamente 60° . En términos de tecnología es más conveniente prever el ángulo anterior en el curso de la aceleración de la sección a soldar de la plancha movable 1, proporcionando un perfil correspondiente del campo magnético a lo largo de los ejes geométricos de las planchas 1 y 2. También es admisible el perfilado previo de las planchas 1 y 2, separada o simultáneamente.

15 Una soldadura es el resultado de la colisión de las superficies a soldar de las planchas 1 y 2, diferenciando el método de soldadura propuesto de los de la técnica anterior en el resultado de la estructura de la soldadura. Peculiar del mismo es la presencia de ondas en las superficies soldadas de las planchas 1 y 2, estando dichas ondas emparedadas con una capa intermedia de metales fundidos solidificados. La cantidad de masas fundidas solidificadas, así como la amplitud y la frecuencia de las ondas, pueden variar a lo largo de la anchura de la soldadura, y dependiendo de las condiciones de soldadura. El procedimiento anterior permite producir 25 soldaduras de calidad particularmente elevada, estando

garantizada su hermeticidad al vacío en una amplia gama de condiciones de soldadura.

En la figura 4 se presenta un dibujo esquemático de un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto. Aparte de las planchas 1 y 2 que están siendo soldadas, el mismo comprende una bobina inductora 3 conectada, a través de un mecanismo de interrupción de corriente 4, a una batería de condensadores 5. La bobina inductora 3 aloja la sección soldada de la plancha móvil 1. Una batería de condensadores de activación 7 está acoplada a las planchas 1 y 2 por medio de conductores de corriente 8 y 9 de baja impedancia. Las planchas 1 y 2 están situadas con un espacio de separación "a" lleno con un gas a baja presión. Puesto que los circuitos de suministro de energía y de control de las baterías de condensadores 5 y 7 son del tipo convencional usualmente utilizado con los equipos anteriores, no se explicarán con más detalle en esta memoria.

En el dispositivo que se está considerando, el espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2 se utiliza no sólo para acelerar la sección de soldadura de la plancha 1, sino también para interrumpir o conmutar la corriente de descarga de la batería de condensadores de activación 7. La tensión de ruptura del espacio de separación "a" debe superar algo a la tensión de funcio-

namiento de la batería de condensadores de activación. La selección de la tensión de operación está dictada por la necesidad de hacer que la intensidad y duración de la corriente pulsatoria se adapten al grado requerido de activación de las planchas. Desde el punto de vista técnico, en la mayoría de los casos el espacio de separación "a" no puede exceder de 1 a 3 mm. Por lo tanto, su tensión de ruptura puede probar ser inferior a la tensión de operación requerida en la batería de condensadores de activación 7, incluso a presiones de gas muy bajas. A continuación, la expresión "tensión de ruptura elevada" del espacio de separación "a" entre las planchas será restablecida en el caso de que exceda de la tensión de operación en los terminales de la batería de condensadores 7, cuya corriente es interrumpida por la descarga eléctrica en el espacio "a". Por lo tanto, la expresión "tensión de ruptura baja del espacio de separación "a" entre las planchas" se utilizará cuando esta tensión sea menor que la tensión de operación en los terminales de la batería de condensadores, cuya corriente es interrumpida por una descarga eléctrica en el espacio de separación "a".

El diagrama esquemático que se está considerando se refiere al caso de una elevada tensión de ruptura del espacio "a". La interrupción de la corriente de la

batería de condensadores de activación 7 por una descarga eléctrica en el espacio de separación "a" tiene las siguientes ventajas: las pérdidas de energía activa son mínimas; el mecanismo de interrupción de corriente y su aparato de control se omiten; la posibilidad de interrumpir la descarga de la batería de condensadores de activación 7 cualquier número requerido de veces, ya que la función de interrupción es realizada por cada par de planchas 1 y 2 recién montadas. Antes del comienzo del ciclo de soldadura, las planchas 1 y 2 se disponen según se requiera, se llena el espacio de separación "a" con un gas a baja presión y se cargan las baterías de condensadores 5 y 7 hasta la tensión de operación. El gas contenido en el espacio de separación "a" puede tener una presión diferente, dependiendo del tipo particular de planchas, de la capacidad de un sistema de evacuación, de la calidad de la obturación al vacío de las planchas y de las características específicas del gas que se está utilizando. En la práctica, es siempre más conveniente trabajar a P. a situado en la rama izquierda de la conocida curva de Paschen, donde P es la presión residual del gas en el espacio de separación "a".

El dispositivo anteriormente descrito funciona como sigue: una descarga eléctrica se inicia en el espacio de separación "a" utilizando cualquier procedimiento

conocido, por ejemplo, por medio de una chispa de disparo producida muy cerca del espacio de separación "a". La corriente de descarga de la batería de condensadores de activación 7 en la forma sinusoidal decreciente fluye a través de la descarga eléctrica en el espacio de separación "a" y activa a las superficies a soldar de las planchas 1 y 2. La capacidad de almacenamiento de la batería de condensadores 7 y su tensión de operación se seleccionan de manera que se asegure el efecto de activación requerido por varios ensayos de soldadura.

Tras la activación de las planchas 1 y 2, el mecanismo de interrupción de corriente 4 se conecta y la batería de condensadores 5 se descarga en la bobina inductora 3, estableciendo en la misma un campo magnético pulsatorio. Bajo la presión de este campo magnético, la sección a soldar de la plancha 1 se deforma y se acelera en una distancia igual al espacio de separación "a" hasta alcanzar una velocidad de varios cientos de metros por segundo. Cuando las secciones soldadas de las planchas 1 y 2 colisionan se produce una junta soldada y se completa el ciclo de soldadura.

Se debe hacer observar que la interrupción de la corriente de descarga de la batería de condensadores de activación 7 por la descarga eléctrica en el espacio de separación "a" y el uso de planchas 1 y 2 en la fun-

ción de un mecanismo de interrupción de corriente es muy conveniente en relación con el diseño de los conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia. Evidentemente, la baja inductancia del circuito de descarga de la batería de condensadores de activación 7 asegura una amplitud de corriente más elevada y, por lo tanto, origina un efecto de activación máximo.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura a una tensión de ruptura baja del espacio de separación "a", estando el espacio de separación "a" lleno con un material eléctricamente conductor y tocándose mutuamente las planchas 1' y 2. El dispositivo, que asegura la soldadura conjunta de la plancha móvil 1 (ó 1') y la plancha estacionaria 2 comprende una bobina inductora 3 conectada a través del mecanismo de interrupción de corriente 4 a una batería de condensadores 5. Una batería de condensadores de activación 7 está acoplada a las planchas 1 (1') y 2 a través de un mecanismo de interrupción de corriente 10 conectado en serie por medio de conductores de corriente de baja inductancia 8 y 9. En el dispositivo anterior, la tensión de operación de la batería de condensadores de activación 7 es menor que la tensión de ruptura del mecanismo de interrupción de corriente 10. Este último puede alcanzar va-

lores muy elevados, mientras que la tensión de ruptura o perforación del espacio de separación "a" puede ser pequeña o el espacio de separación puede ser atravesado eléctricamente por los medios anteriormente descritos.

5 El dispositivo anterior proporciona una amplia posibilidad de ajustar las condiciones de soldadura.

10 Antes de comenzar el ciclo de soldadura, las planchas 1 (1') y 2 se deben montar apropiadamente. Si las planchas 1 y 2 están separadas formando el espacio "a", este se llena con un material eléctricamente conductor o con un gas a baja presión. Las baterías de condensadores 5 y 7 se deben cargar a la tensión de operación.

15 En lo que se refiere al momento de actuación de los mecanismos de interrupción de corriente 4 y 10, el mismo puede diferir ampliamente. El momento de actuación, así como las tensiones de operación a través de las baterías de condensadores 5 y 7 se eligen experimentalmente en cada caso particular mediante ensayos de soldadura. Todas las condiciones de soldadura se pueden
20 subdividir en dos grupos: en primer lugar, cuando el mecanismo de interrupción de corriente 10 insertado en el circuito de la batería de condensadores se conecta el primero, y, el segundo grupo, cuando el mecanismo de interrupción de corriente 4 del circuito de la batería de
25

condensadores 5 se conecta en primer lugar estableciendo un campo magnético en la bobina inductora 3. Naturalmente, hay casos en que los interruptores de conmutación de corriente 4 y 10 se conectan simultáneamente.

5

Las condiciones de soldadura del primer grupo comienzan conectando el mecanismo de interrupción de corriente 10, descargándose la batería de condensadores 7 como resultado entre las planchas 1 (1') y 2, originando el calentamiento o activación de la superficie a soldar en ese lugar. El mecanismo de interrupción de corriente 4 se excita después de un período de tiempo óptimo seleccionado experimentalmente, y la batería de condensadores comienza a descargarse a través de la bobina inductora 3, estableciendo en la misma un campo magnético pulsatorio. Bajo la presión de este campo, la sección soldada de la plancha 1 (1') se deforma hasta que las superficies a soldar de las planchas 1 (1') y 2 se comprimen directamente o a través de una capa intermedia de un material eléctricamente conductor.

10

15

20

Si se llena el espacio de separación "a" con un gas a baja presión dichas superficies chocan y se produce una soldadura bajo las condiciones del primer grupo.

25

El ciclo de soldadura de acuerdo con el segundo grupo de condiciones comienza conectando el mecanismo

de interrupción de corriente 4. Como consecuencia, la
batería de condensadores 5 se descarga en la bobina in-
ductora 3, estableciendo en la misma un campo magnético
pulsatorio. Bajo la presión de este campo se deforma la
5 sección a soldar de la plancha 1 (1'), cambiando la ten-
sión de ruptura del espacio "a", características del ma-
terial eléctricamente conductor que llena el espacio de
separación o una resistencia activa de la unión entre
las planchas 1' y 2. A continuación se excita el meca-
10 nismo interruptor de corriente 10 en un instante óptimo
seleccionado experimentalmente por ensayos de soldadura,
y la batería de condensadores de activación 7 se descar-
ga a través del medio a través de las planchas 1 (1') y
2, calentando o activando la zona de soldadura. Durante
15 el desplazamiento adicional de la sección soldada de la
plancha 1 (1'), las superficies a soldar de las planchas
1 (1') y 2 son comprimidas o hechas chocar, produciéndose
una soldadura.

La conexión simultánea de los mecanismos de in-
20 terrupción de corriente 4 y 10 se puede considerar como
un caso particular sólo formalmente, ya que el calenta-
miento o activación ocurriría siempre un poco antes, por
cuanto que la sección a soldar de la plancha 1 (1') debe
recorrer una cierta distancia para proporcionar el efec-
25 to de compresión o de colisión sobre las superficies a

soldar.

En la figura 6 se ilustra un diagrama esquemático de un dispositivo para realizar el método propuesto de soldadura a una tensión de ruptura baja del espacio "a" en el caso de que este se llene con un material eléctricamente conductor y cuando las planchas 1' y 2 se tocan mutuamente. Una característica específica de este dispositivo consiste en el uso de un transformador de acoplamiento o adaptación de impulsos para mejorar la eficacia del calentamiento o activación de las superficies a soldar de las planchas 1 (1') y 2.

El anterior dispositivo asegura la soldadura conjunta de las planchas 1 (1') y 2. El mismo comprende una bobina inductora 3 acoplada a través de un mecanismo de interrupción de corriente 4 a un grupo o batería de condensadores 5. La bobina inductora 3 acomoda la sección a soldar de la plancha movable 1 o (1'). Un arrollamiento de baja tensión 12 del transformador de acoplamiento de impulsos está conectado a las planchas 1 (1') y 2 por medio de conductores de corriente de baja inductancia 8 y 9, estando acoplado un arrollamiento 11 de alta tensión del transformador, a través de un mecanismo de interrupción de corriente 10, a una batería de condensadores de activación 7.

Antes de que se inicie el ciclo de soldadura,

se deben de colocar apropiadamente las planchas 1 (1')
y 2. Si se dispone un espacio "a" entre las planchas,
el mismo se llena con un material eléctricamente con-
ductor o con un gas a baja presión. Las baterías de
5 condensadores 5 y 7 se deben cargar hasta la tensión
de operación.

Las condiciones de soldadura proporcionadas
por el dispositivo anterior se pueden clasificar tam-
bién en dos grupos. El proceso de soldadura del primer
10 grupo comienza introduciendo o conectando un mecanismo
de interrupción de corriente 10, descargándose la bate-
ría de condensadores de activación 7 como consecuencia
el arrollamiento de alta tensión 11 del transformador
de acoplamiento de impulsos. El flujo magnético que se
15 origina hace permeable el arrollamiento 12 de baja ten-
sión del transformador, y la tensión inducida en sus ter-
minales se aplica a las planchas 1 (1') y 2. Como conse-
cuencia, comienza a fluir entre las mismas una corriente
eléctrica. Si el espacio "a" se llena con un gas a baja
20 presión, la tensión de ruptura de dicho espacio debe ser
menor que la inducida en los terminales del arrollamien-
to 12 de baja tensión del transformador de baja tensión.
La corriente eléctrica calienta o activa las superficies
a soldar de las planchas 1 (1') y 2.

25 Debido al uso del transformador de impulsos, la

resistencia activa baja del espacio "a" entre las plan-
chas 1 (1') y 2 se puede acoplar con los parámetros de
circuito de la batería de condensadores de activación
7. Las condiciones óptimas de acoplamiento que corres-
5 ponden a una potencia máxima liberada en la resistencia
activa del espacio de separación "a" será obtenido cuan-
do $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, donde R es la resistencia del espacio "a"
reducida al arrollamiento primario del transformador de
adaptación o acoplamiento de impulsos, L es la inductan-
10 cia del circuito, C la capacidad de la batería de conden-
sadores. El acoplamiento hace posible que una fracción
considerable de la energía almacenada en la batería de
condensadores de activación 7 sea transmitida a las su-
perficies a soldar de las planchas 1 (1') y 2.

15 Tras el calentamiento (activación) de estas su-
perficies después de un período de tiempo óptimo elegido
experimentalmente, el mecanismo de interrupción de corrien-
te 4 se conecta y la batería de condensador 5 comienza
a descargarse a través de la bobina inductora 3, estable-
20 ciendo en la misma un campo magnético pulsatorio. Bajo
la presión de este campo, la sección a soldar de la
plancha 1 (1') se deforma hasta que las superficies a
soldar de las planchas 1 (1') y 2 se comprimen directa-
mente o a través del material eléctricamente conductor
25 intermedio. En el caso de que el espacio de separación

"a" esté lleno con un gas a baja presión, ocurre una colisión de las superficies a soldar, dando lugar a una soldadura apropiada para el primer grupo de condiciones de soldadura.

5 El ciclo de soldadura para el segundo grupo de condiciones de soldadura se inicia tras la conexión del mecanismo de interrupción de corriente 4 se produce una descarga de la batería de condensadores 5 a la bobina inductora 3, con lo cual se establece en ella un campo magnético pulsatorio. Bajo la presión de este campo, la sección a soldar de la plancha 1 (1') se deforma, cambiando la tensión de ruptura del espacio "a" las características del material eléctricamente conductor que llena el espacio o una resistencia activa de la unión entre las planchas 1' y 2. En un instante elegido experimentalmente por ensayos de soldadura, se excita el mecanismo de interrupción de corriente 10 y se descarga la batería de condensadores de activación 7 al arrollamiento de alta tensión 11 del transformador de acoplamiento de impulso. La energía de esta batería de condensadores se transmite inductivamente a las planchas 1 (1') y 2 conectadas al arrollamiento de baja tensión 12 del transformador de acoplamiento de impulsos y las planchas soldadas 1 (1') y 25 2 se calientan o activan con ello. Cuando la sección a

soldar de la plancha movable 1 (1') se mueva más, las superficies a soldar de las planchas 1 (1') y 2 se comprimen o chocan, formando como consecuencia una junta soldada.

5 El transformador de impulsos debe ser capaz de resistir una tensión de varias docenas de kilovol-
tios entre sus arrollamientos, debe ser suficientemen-
te fuerte mecánicamente para resistir fuerzas produci-
das por las corrientes de 10^4 a 10^7 A que fluyen a tra-
10 vés de sus arrollamientos y tener una inductancia de
dispersión baja. Esto último se requiere para disminuir
las pérdidas de energía en el propio transformador.

La figura 7 muestra esquemáticamente un dis-
positivo para efectuar el método propuesto de soldadura
15 en el caso de una elevada tensión de ruptura en el espa-
cio de separación "a" situado entre las planchas 1 y 2.
Una característica distintiva de este dispositivo resi-
de en el acoplamiento de una bobina inductora 3 conecta-
da en serie con la sección soldada encerrada de una plan-
20 cha 1 y una batería de condensadores 5 a las planchas 1
y 2 por medio de conductores 8 y 9 de baja inductancia.
Sucede que la batería de condensadores 5 se utiliza tan-
to para establecer un campo magnético pulsatorio en la
bobina inductora 3 como para activar las superficies
25 soldadas de las planchas 1 y 2.

Dado que las superficies soldadas de las planchas 1 y 2 se activan por la energía de una corriente eléctrica que fluye a través de la bobina inductora 3, el dispositivo anterior se caracteriza por un diseño excepcionalmente sencillo, altamente confiable y eficaz. El control del ciclo de soldadura es extremadamente simple, debido a que no requiere medio alguno de sincronización.

Antes de comenzar el ciclo de soldadura se deben colocar las planchas 1 y 2 de una manera apropiada y llenar el espacio de separación entre las mismas de un gas a baja presión. La batería de condensadores 5 se debe cargar a la tensión de operación.

El ciclo de soldadura se pone en marcha iniciando una descarga eléctrica entre las planchas 1 y 2 por cualquier método conocido, por ejemplo, por medio de una chispa iniciadora. La corriente que fluye en el circuito establece, por una parte, un campo magnético pulsatorio en la bobina inductora 3, deformando la sección a soldar de la plancha 1, y, por otra parte, activa las superficies a soldar de las planchas 1 y 2. Los ciclos de activación y la subsiguiente colisión de las superficies a soldar se sincronizan automáticamente debido a que todo el proceso se controla por la misma descarga en el gas. La colisión de las planchas, que da lugar a

su soldadura conjunta, ocurrirá siempre con un cierto retardo con respecto al comienzo del flujo de corriente en el circuito. Para asegurar las condiciones de funcionamiento de máxima eficacia del dispositivo anterior, sus parámetros se deben elegir de acuerdo con la siguiente expresión, que incluye tanto variables encontradas experimentalmente como calculadas:

$$C_0 = \frac{1,2 L_c b^2 p \delta U_c^2}{\mu_0 U_0^2 A n^2} \quad (2), \text{ donde } L_c \text{ es la}$$

inductancia de la bobina; b es la dimensión geométrica que caracteriza la distribución de corriente en el sistema bobina inductora-plancha 1; p es la densidad del metal de la plancha movable 1; δ es el espesor de pared de la plancha movable 1; U_c es la velocidad de la sección a soldar de la plancha movable 1, que se necesita para producir una junta soldada utilizando el procedimiento de soldadura anterior (se determina experimentalmente para pares de metales particulares); C_0 es la capacidad de la batería de condensadores 5; U_0 es la tensión de operación a través de la batería de condensadores 5; ξ es el espacio de separación entre las planchas 1 y 2; n es el número de vueltas de la bobina inductora 3; μ_0 es la constante magnética de vacío.

Merece la pena hacer observar que puesto que

el procedimiento de soldadura propuesto es particularmente ventajoso para soldar planchas o piezas 1 y 2 de tamaño relativamente grande (superior a 20-30 mm de diámetro) y debido a una tensión de ruptura relativamente baja del espacio de separación entre las planchas 1 y 2, admisible desde el punto de vista técnico (usualmente de aproximadamente 4-5 kV/mm), en la mayoría de los casos se deben utilizar en la práctica bobinas inductoras de una sola espira. Las bobinas inductoras anteriores tiene una inductancia mínima en comparación con todos los otros tipos de bobinas conocidas. Las mismas son mecánicamente resistentes y técnicamente convenientes para la fabricación.

La figura 8 representa un diagrama esquemático de un dispositivo para realizar el método propuesto de soldadura en el caso de una tensión de ruptura baja del espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2 cuando este espacio se llena con un material eléctricamente conductor y cuando las planchas 1 y 2 se llevan a contacto mutuo. Una característica distintiva de este dispositivo es un mecanismo de interrupción de corriente 4 conectado entre un conductor de corriente 8 de baja inductancia y la toma de una bobina inductora 3 conectada en serie con una batería de condensadores 5. El mecanismo de interrupción de corriente 4 también puede

estar montado entre la bobina inductora 3 y la batería de condensadores 5 ó entre la batería de condensadores 5 y un conductor de corriente 9 de baja inductancia.

5 Antes de comenzar el ciclo de soldadura se colocan según sea necesario las planchas 1 (1') y 2. Si se separan mediante un espacio "a", este último se llena con un material eléctricamente conductor o con un gas a baja presión. La batería de condensadores 5 se carga hasta la tensión de operación.

10 La soldadura se inicia conectando el mecanismo de interrupción de corriente 4, con lo cual comienza a fluir una corriente de descarga de la batería de condensadores 5 a través de la bobina inductora 3 y entre las secciones a soldar de las planchas 1 (1') y 2.

15 Cuando se utiliza el dispositivo anterior, se pueden prever dos grupos de condiciones de soldadura, dependiendo del tipo de medio contenido entre las planchas 1 (1') y 2.

20 El primer grupo de condiciones de soldadura tiene lugar cuando el espacio "a" entre las planchas 1 y 2 se llena con el material eléctricamente conductor o en caso de una unión entre las planchas 1 y 2 que tenga una resistencia activa relativamente elevada. En la práctica, las superficies a soldar de las planchas
25 1 (1') y 2 se calientan solamente, no continuándose el

calentamiento hasta la etapa de activación. Simultáneamente con el calentamiento, se comprimen las superficies, siendo la compresión el resultado de la deformación de la sección a soldar de la plancha 1 (1') bajo la presión de un campo magnético pulsatorio establecido en la bobina inductora 3. De este modo tiene lugar el primer grupo de condiciones de soldadura.

Las condiciones de soldadura del segundo grupo tienen lugar cuando el espacio "a" entre las planchas o piezas 1 y 2 se llena con el gas a baja presión. En este caso, la tensión aplicada a este espacio después de conectar el mecanismo de interrupción de corriente 4 e igual a la tensión total de operación a través de la batería de condensadores 5, atravesará o perforará el espacio de separación.

Una corriente eléctrica que fluye en el espacio de separación "a" después de la ruptura activa las superficies a soldar de las planchas o piezas 1 y 2. Al mismo tiempo, la sección soldada de la plancha 1, que pasa a una distancia que asciende al valor del espacio "a", se acelera a una velocidad de cientos de metros por segundo. Una colisión entre esta sección y la de la plancha o pieza estacionaria 2 da lugar a una junta soldada.

El uso del mecanismo 4 de interrupción de corriente permite aumentar la tensión de operación de la

batería de condensadores 5. Por lo tanto, con un valor constante de la energía almacenada en esta batería, se puede disminuir su capacidad y aumentar la frecuencia de corriente de la bobina inductora 3, que se requiere cuando la plancha 1 se produce a partir de materiales que tienen una conductividad relativamente baja, tales como el acero inoxidable. También permite la posibilidad de preservar una frecuencia suficientemente alta de corriente eléctrica en la bobina inductora 3 cuando se emplean las piezas 1 y 2 de gran diámetro, es decir, cuando la inductancia se hace grande, incluso si la bobina inductora es de un diseño de espira única.

En la figura 9 se muestra un circuito de un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto en el caso de una tensión de ruptura elevada del espacio de separación "a" entre las piezas o planchas 1 y 2. Una característica específica de este dispositivo reside en un grupo o batería de condensadores de activación 7 que están acoplados a conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia en el punto de su contacto con una bobina inductora 3 y una batería de condensadores 5 conectados en serie. Los otros contactos de los conductores 8 y 9 de corriente de baja inductancia están conectados a las piezas 1 y 2.

Antes de iniciar el ciclo de soldadura, se co

locan apropiadamente las planchas 1 y 2, se debe llenar el espacio "a" entre ellas con un gas a baja presión y se cargan las baterías de condensadores 5 y 7 a la tensión de operación.

5 El ciclo de soldadura comienza iniciando una descarga eléctrica entre las planchas 1 y 2 por cualquier método conocido, tal como utilizando una chispa iniciadora. Ambas baterías de condensadores 5 y 7 se descargan mediante una descarga eléctrica. La corriente de
10 descarga de la batería de condensadores 5 que fluye a través de la bobina inductora 3 establece en ésta un campo magnético pulsatorio. Bajo la presión de este campo la sección soldada de las planchas 1 se deforma y acelera pasando a una distancia igual al valor del espacio
15 "a" y alcanzando una velocidad de cientos de metros por segundo en el instante de colisión de las secciones soldadas de las planchas 1 y 2.

Como se desprende del principio de funcionamiento del circuito, las planchas se activan por dos corrientes que fluyen en paralelo en la descarga eléctrica. Como la inductancia del circuito de inductancia de
20 la batería de condensadores de activación 7 es considerablemente menor que la de la batería de condensadores 5, con una considerable cantidad de energía almacenada
25 en estas baterías, la corriente de la batería de condensadores

sadores de activación 7 tendrá una intensidad mucho mayor. Así, el grado de activación de las planchas 1 y 2 y su velocidad de colisión se pueden ajustar seleccionando las capacidades de las baterías de condensadores 5 y 7, una característica que hace posible una extensión sustancial de las propiedades de ajuste del dispositivo anterior, que se pueden obtener por simples medios técnicos.

En la figura 10 se ilustra un diagrama esquemático de un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura en caso de una elevada tensión de ruptura del espacio "a" entre las planchas o piezas 1 y 2. Una particular característica de este dispositivo reside en un mecanismo de interrupción de corriente 4 conectado en serie con una bobina inductora 3 y una batería de condensadores 5. Este circuito conectado en serie tiene contactos a través de los cuales está acoplado a conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia que conducen a las planchas 1 y 2. Conectados a estos contactos está también una batería de condensadores de activación 7.

Antes del ciclo de soldadura, las planchas 1 y 2 se deben situar como sea necesario, se debe llenar el espacio "a" entre las planchas con un gas a baja presión y las baterías de condensadores 5 y 7 se deben cargar a la tensión de operación. En este caso, la tensión

de operación de la batería de condensadores 5 puede exceder considerablemente a la de la batería de condensadores de activación 7.

5 El ciclo de soldadura se pone en marcha iniciando una descarga eléctrica entre las planchas 1 y 2 por algún procedimiento conocido, por ejemplo, utilizando una chispa iniciadora. Como resultado de la activación, la batería de condensadores 7 se descargará a través de la descarga eléctrica en el espacio "a" entre 10 las planchas 1 y 2, activando las superficies a soldar de las planchas 1 y 2. Después de un período de tiempo óptimo, elegido experimentalmente en cada caso particular, el mecanismo de interrupción de corriente 4 se conecta y la batería de condensadores 5 comienza a 15 descargar a través de la bobina inductora 3 y la descarga eléctrica en el espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2. Un campo magnético pulsatorio resultante de forma la sección soldada de la plancha 1 debido a su presión y la acelera en una trayectoria igual al valor 20 del espacio "a" a una velocidad de aproximadamente cientos de metros por segundo. Cuando chocan las secciones soldadas de las planchas 1 y 2 se produce una junta soldada.

25 El uso del mecanismo de interrupción de corriente 4 permite aumentar la presión de operación a

través de la batería o grupo de condensadores 5. Por lo tanto, con cantidades constantes de energía almacenada en esta batería, se puede disminuir su capacidad. Así es posible aumentar la frecuencia de corriente en la bobina inductora 3, siendo esto necesario cuando la plancha o pieza 1 se fabrica de materiales que tienen una conductividad relativamente baja, tales como el acero inoxidable. También es posible mantener una corriente de una frecuencia suficientemente alta en la bobina inductora 3 cuando las planchas 1 y 2 tienen diámetro grandes, es decir, cuando la inductancia de incluso una bobina inductora de una sola vuelta se hace grande.

Cuando la posibilidad de ajustar las condiciones de soldadura por medio de una tensión a través de la batería de condensadores de activación 7 está ya limitada por la tensión de ruptura del espacio "a" entre las planchas 1 y 2, el grado de activación de las planchas se ajusta seleccionando una capacidad correspondiente de la batería de condensadores de activación 7 y un instante para conectar el mecanismo de interrupción de corriente 4.

La polaridad de una tensión de carga a través de la batería de condensadores 5 y 7 se debe elegir de manera que, en un momento óptimo, sus corrientes de descarga fluyan a través de una descarga eléctrica en

un sentido, mejorando con ello el grado de activación de las planchas 1 y 2.

5 Utilizando el dispositivo anteriormente descrito se puede ajustar independientemente en una extensión considerable el grado de activación de las planchas, así como la velocidad de colisión de sus superficies a soldar. Ofrece también una solución suficientemente eficaz al problema de soldar planchas para tubos de grandes diámetros.

10 En la figura 11 se representa un diagrama esquemático de un dispositivo para realizar el método propuesto de soldadura en caso de una alta tensión de ruptura del espacio "a" entre las planchas 1 y 2. Una característica distintiva de este dispositivo consiste en
15 que un mecanismo de interrupción de corriente 10 está conectado en serie con una batería de condensadores de activación 7. Este circuito conectado en serie tiene contactos a los que están acoplados conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia que llevan a las planchas
20 1 y 2. Un circuito conectado en serie que comprende una bobina inductora 3 y una batería de condensadores 5 está también conectado a estos contactos.

25 Antes de iniciar el ciclo de soldadura, se sitúan como sea necesario las planchas 1 y 2, se llena el espacio "a" entre ellas con un gas a baja presión y

se cargan las baterías de condensadores 5 y 7 a la tensión de operación. La tensión de operación de la batería de condensadores de activación 7 puede ser mucho mayor que la de la batería de condensadores 5.

5 El ciclo de soldadura comienza iniciando una
descarga eléctrica entre las planchas 1 y 2 utilizando
algún procedimiento conocido, tal como una chispa ini-
ciadora. Como consecuencia, la batería de condensadores
5 se descarga a través de la bobina inductora 3 formando
10 una descarga eléctrica en el espacio "a" entre las plan-
chas 1 y 2 y activando las superficies a soldar y origi-
nando la deformación de la sección soldada de la plancha
1 bajo la presión de un campo magnético pulsatorio esta-
blecido en la bobina inductora 3. Después de un período
15 de tiempo óptimo, seleccionado experimentalmente en ca-
da caso particular mediante ensayos de soldadura, se co-
necta el mecanismo de interrupción de corriente 10 y el
grupo o batería de condensadores de activación 7 comien-
za a descargar a través de la descarga eléctrica en el
20 espacio de separación "a" entre las planchas 1 y 2. Como
consecuencia, se exponen las superficies a soldar de las
planchas 1 y 2 a un potente impulso de activación adicio-
nal. Al moverse más la sección a soldar de la plancha mo-
vible 1, choca con la sección a soldar de la plancha 2
25 y se obtiene una junta soldada.

El uso del mecanismo de interrupción de corriente 10 permite aumentar la tensión de operación de la batería de condensadores de activación 7. Por lo tanto, con una cantidad constante de energía almacenada en esta batería, su capacidad se puede reducir, aumentando tanto la frecuencia como la amplitud de la corriente de descarga de la batería de condensadores de activación 7. Es aconsejable aplicar un poderoso impulso de activación adicional, de corta duración, a las planchas 1 y 2, directamente, en el instante de colisión de sus secciones soldadas, ya que el efecto de erosión de una descarga eléctrica sobre la superficie del electrodo (en este caso las planchas o piezas 1 y 2) aumenta con la disminución del espacio de separación entre ellas.

La polaridad de una tensión de carga a través de las baterías de condensadores 5 y 7 se debe elegir de manera que sus corrientes de descarga fluyan a través de una descarga eléctrica en un instante óptimo y en un sentido, mejorándose con ello el grado de activación de las planchas 1 y 2.

Utilizando el dispositivo anteriormente descrito, el grado de activación de las planchas y la velocidad de colisión de sus secciones soldadas se pueden ajustar en una gran extensión independientemente.

La figura 12 muestra un diagrama esquemático

de un dispositivo para realizar el método de soldadura
propuesto a una tensión de ruptura baja del espacio de
separación "a" entre las planchas 1 y 2, cuando el es-
pacio está lleno de un material eléctricamente conduc-
5 tor y cuando las planchas o piezas 1 y 2 se tocan mutua-
mente.

Una característica distintiva de este dispo-
sitivo es la conexión de un mecanismo de interrupción de
corriente 4 en serie con una bobina inductora 3 y una
10 batería de condensadores 5, así como la conexión en se-
rie de un mecanismo de interrupción de corriente 6 con
una batería de condensadores de activación 7. Los dos
circuitos eléctricos conectados en serie están acopla-
dos entre sí en paralelo en el punto de contacto con los
15 conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia que
conducen a las planchas 1 (1') y 2 que están siendo sol-
dadas.

Antes de iniciar el ciclo de soldadura, las
planchas 1 (1') y 2 se sitúan como sea necesario. El es-
20 pacio "a" entre las planchas 1 y 2 se llena con un mate-
rial eléctricamente conductor o con un gas a baja pre-
sión. Las baterías de condensadores 5 y 7 se cargan a la
tensión de operación.

Todas las condiciones de soldadura que se pue-
den prever por el dispositivo anterior se pueden subdi-
25 vidir en dos grupos: el primero, cuando se conecta un

mecanismo de interrupción de corriente 11 en el circuito de la batería de condensadores de activación 7 y el segundo cuando se conecta primero un mecanismo de interrupción de corriente 4 en el circuito de la batería de condensadores 5, estableciendo un campo magnético pulsatorio en una bobina inductora 3 y calentando (activando) al mismo tiempo las planchas 1 (1') y 2. Entre estos grupos extremos de condiciones de soldadura hay un caso intermedio, que es cuando los mecanismos de interrupción de corriente 4 y 10 están conectados al mismo tiempo.

La soldadura bajo el primer grupo de condiciones de soldadura se inicia conectando el mecanismo de interrupción de corriente 10, lo que da lugar a que la batería de condensadores de activación 7 se descargue entre las planchas 1 (1') y 2 y caliente o active sus superficies a soldar. Después de un período de tiempo óptimo elegido experimentalmente, el mecanismo de interrupción de corriente 4 se conecta y la batería de condensadores 5 comienza a descargarse a través de la bobina inductora 3 y del medio contenido entre las planchas 1 (1') y 2. Bajo el efecto de la presión del campo magnético pulsatorio establecido en la bobina inductora 3 se deforma la sección soldada de la plancha 1 (1') hasta que las superficies a soldar calentadas

(activadas) de las planchas 1 (1') y 2 se comprimen directamente o a través de una capa intermedia de material eléctricamente conductor. En el caso de que el espacio "a" entre las planchas 1 y 2 esté lleno con el gas a baja presión, las superficies activadas de las planchas 1 y 2 colisionan, llevando a su soldadura la compresión o colisión de las planchas 1 (1') y 2.

Como para las condiciones de soldadura del segundo grupo, en este caso el ciclo de soldadura comienza conectando el mecanismo de interrupción de corriente 4 y haciendo que se descargue la batería de condensadores 5 a través de la bobina inductora 3 y el medio entre las planchas 1 (1') y 2. Bajo la presión del campo magnético pulsatorio establecido en la bobina inductora 3, la sección soldada de la plancha 1 (1') se deforma, cambiando las características del material eléctricamente conductor en el espacio "a" o el valor de la resistencia activa transitoria entre las planchas 1 y 2. Esto es acompañado por el calentamiento o activación simultánea de la zona de soldadura. En un instante óptimo elegido por ensayos de soldadura, el mecanismo de interrupción de corriente 10 se conecta y la batería de condensadores de activación 7 comienza a descargarse a través del medio entre las planchas

1 (1') y 2, ayudando al calentamiento o activación de la zona de soldadura. Cuando se mueve más la sección soldada de la plancha 1 (1'), las superficies a soldar de las planchas 1 (1') y 2 se comprimen o chocan y se produce una soldadura.

Sin embargo, la conexión concurrente de los mecanismos de interrupción de corriente 4 y 10 se puede considerar formalmente como un caso independiente, ya que la sección deformada de la plancha o pieza 1 (1') se debe desplazar una cierta distancia para proporcionar el efecto de compresión o colisión en las superficies a soldar. Por lo tanto, el calentamiento o activación de las planchas 1 (1') y 2 ocurrirá siempre algo antes.

El dispositivo anterior proporciona una amplia posibilidad de ajuste de las condiciones de soldadura utilizando la energía de ambas baterías de condensadores para fines de activación. Al diseñar el dispositivo es posible extender considerablemente la gama de equipo normal empleado, especialmente condensadores de descarga de impulsos. El dispositivo asegura la soldadura de planchas 1 (1') y 2 de grandes diámetros.

En la figura 13 se representa un diagrama esquemático de un dispositivo para la realización del método de soldadura propuesto a una tensión de ruptura ba-

ja del espacio de separación "a" entre las planchas o piezas 1 y 2, en dos casos: cuando el espacio se llena con un material eléctricamente conductor y cuando las planchas 1' y 2 están en contacto mutuo. Una característica específica de este dispositivo es un espacio de separación δ_1 entre el conductor de corriente 8 de baja inductancia y la plancha movable 1 (1'), lleno con un gas a baja presión. Desde el lado opuesto, este conductor de corriente 8 está acoplado a un circuito eléctrico conectado en serie que comprende una bobina inductora 3, una batería de condensadores 5 y un conductor de corriente 9 de baja inductancia, el cual está a su vez en contacto con la plancha o pieza estacionaria 2. La plancha estacionaria 2 y el conductor de corriente 9 de baja inductancia pueden estar también separados por un espacio. En ese caso la plancha 1 (1') debe estar en contacto con el conductor de corriente 8 de baja inductancia. Si el espacio "a" entre las planchas se llena con un material eléctricamente conductor, la tensión de ruptura del espacio " δ ", debe ser mayor que la tensión de operación a través de la batería de condensadores 5. Si el espacio "a" entre las planchas 1 y 2 está lleno con un gas a baja presión, la tensión de ruptura total de los espacios "a" y " δ_1 " debe ser mayor que la tensión de opera-

ción de esta batería.

Antes de iniciar el ciclo de soldadura, se montan apropiadamente las planchas 1 (1') y 2. El espacio "a" entre las planchas 1 y 2 se llena con el material eléctricamente conductor o con el gas a baja presión. El espacio " δ_1 " entre la plancha o pieza 1 (1') y el conductor de corriente 8 de baja inductancia se llena con el gas a baja presión. La batería de condensadores 5 se carga a la tensión requerida.

El ciclo de soldadura comienza iniciando una descarga eléctrica en el espacio " δ_1 " entre la plancha 1 y el conductor de corriente 8 de baja inductancia. Como consecuencia, fluirá una corriente de descarga de la batería de condensadores 5 a través de la bobina inductora 3 y entre las secciones a soldar de las planchas 1 (1') y 2.

Son posibles dos grupos típicos de condiciones de soldadura cuando se utiliza el dispositivo anterior, siendo las condiciones dependientes del tipo del medio que llena el espacio de separación entre las planchas 1 (1') y 2.

El primer grupo de condiciones de soldadura tiene lugar cuando el espacio "a" entre las planchas 1 y 2 está lleno con un material eléctricamente conductor o cuando la unión se caracteriza por una resisten-

5 cia activa relativamente elevada entre las planchas
1' y 2. Prácticamente en estos casos, las superfi-
cies de soldadura de las planchas 1 (1') y 2 son siem-
pre sólo calentadas, no alcanzando el calentamiento a
una etapa de activación. Simultáneamente con el calen-
tamiento de las superficies a soldar, las mismas son
comprimidas debido a la deformación de la sección a
soldar de la plancha 1 (1') bajo el efecto de una pre-
sión de un campo magnético pulsatorio establecido en
10 la bobina inductora 3. Así, las planchas o piezas 1
(1') y 2 se sueldan utilizando un primer grupo de con-
diciones de soldadura.

 Las condiciones de soldadura del segundo
grupo tienen lugar cuando el espacio "a" entre las plan-
chas o piezas 1 y 2 se llena con un gas a baja presión.
15 En este caso, la tensión aplicada al espacio "a" después
de la ruptura o perforación del espacio " δ_1 " es igual
a la tensión de operación total a través de la batería
de condensadores 5 y atravesará o perforará el espacio
de separación. La corriente eléctrica que fluye después
20 de la ruptura del espacio "a" activa las superficies a
soldar de las planchas 1 y 2. Al mismo tiempo, la soc-
ción a soldar de la plancha 1 se acelera hasta una velo-
cidad de cientos de metros por segundo en un recorrido
25 igual al valor del espacio de separación "a" entre las

planchas 1 y 2. Cuando esta sección colisiona con la sección a soldar de la plancha estacionaria 2 se produce una junta soldada.

5 Debido a la presencia del espacio " δ_1 " entre la plancha 1 (1') y el conductor de corriente 8 de baja inductancia, se puede utilizar una tensión de operación mayor a través de la batería de condensadores 5. Por lo tanto, con una cantidad constante de energía almacenada en la batería, se puede disminuir su capacidad y aumentar la frecuencia de la corriente en el conductor, requiriéndose esto cuando la plancha 1 (1') se fabrica de materiales que tienen una conductividad relativamente baja, tales como el acero inoxidable. Se asegura también una frecuencia suficientemente alta de la corriente en la bobina inductora mientras se sueldan las planchas o piezas 1 y 2 de grandes diámetros, es decir, cuando incluso la inductancia de una bobina inductora de una sola vuelta o espira se hace grande.

10

15

20 El espacio de separación " δ_1 " entre la plancha 1 (1') y el conductor de corriente 8 de baja inductancia hacen posible simplificar considerablemente las herramientas de contacto que son necesarias para suministrar corriente a las planchas 1 (1') y 2 cuando están dispuestas verticalmente. En este caso, se puede crear un contacto metal-líquido entre el conductor de corriente 25 9 de baja inductancia y la plancha estacionaria 2.

El dispositivo anteriormente descrito es apropiado para soldar las planchas 1 (1') y 2 si el proceso de producción permite la aparición de trazas de erosión metálica en la superficie externa de la plancha 1 (1') en la zona de descarga eléctrica. En la mayoría de los casos se cumple este requisito.

En la figura 14 se muestra un diagrama esquemático de un dispositivo para efectuar el método de soldadura propuesto a una tensión de ruptura baja del espacio "a" entre las planchas 1 y 2, cuando el espacio está lleno con un material eléctricamente conductor y, en este caso, las planchas 1' y 2 están en contacto mutuo. Una característica distintiva de este dispositivo consiste en el uso de espacios de separación " δ_1 " y " δ_2 " entre los conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia y las correspondientes planchas 1 (1') y 2. Ambos espacios se llenan con un gas a baja presión. En el lado opuesto, los conductores de corriente de baja inductancia 8 y 9 están conectados en serie con una bobina inductora 3 y una batería de condensadores 5. Si las planchas 1 (1') y 2 están separadas por un medio eléctricamente conductor, la tensión total de ruptura de los espacios de separación " δ_1 " y " δ_2 " debe ser mayor que la tensión de operación a través de la batería de condensadores 5. Si el espacio "a" entre las planchas

1 y 2 se llena con un gas a baja presión, la tensión de ruptura total de los espacio "a", " δ_1 " y " δ_2 " debe ser mayor que la tensión de operación a través de esta batería de condensadores.

5

Antes de comenzar el ciclo de soldadura se deben montar de una manera apropiada las planchas 1 (1') y 2. El espacio "a" entre las planchas 1 y 2 se debe llenar de un material eléctricamente conductor o con un gas a baja presión. Los espacios " δ_1 " y " δ_2 " entre las planchas 1 (1') y 2 y correspondientes conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia se deben llenar con gas a baja presión. La batería de condensadores 5 se debe cargar a la tensión requerida.

10

15

El ciclo de soldadura se inicia comenzando descargas eléctricas en los espacios " δ_1 " y " δ_2 " utilizando cualquier procedimiento o medios conocidos, tal como una chispa iniciadora. Como consecuencia, fluirá una corriente eléctrica de descarga de la batería de condensadores a través de la bobina inductora 3 y entre las secciones soldadas de las planchas 1 (1') y 2.

20

En otros aspectos, el procedimiento de soldadura prosigue de manera similar a como ocurre en el dispositivo ilustrado en la figura 13.

25

Debido a la presencia de los espacios de separación " δ_1 " y " δ_2 " entre las planchas 1 (1') y 2 y los

5 correspondientes conductores de corriente 8 y 9 de
baja inductancia se puede aumentar la tensión de ope-
ración a través de la batería de condensadores 5. Por
lo tanto, con una cantidad constante de energía alma-
cenada en esta batería, se puede disminuir su capaci-
dad y aumentar la frecuencia de la corriente que fluye
a través de la bobina inductora, siendo esto requerido
cuando la plancha 1 (1') se fabrica de materiales que
10 tienen una conductividad relativamente baja, tales co-
mo el acero inoxidable. También permite mantener una
frecuencia de corriente eléctrica suficientemente ele-
vada en la bobina inductora para planchas o piezas 1
(1') y 2 de gran diámetro, es decir, cuando la induc-
tancia de incluso una bobina inductora de una sola
15 vuelta se hace grande.

El uso de los espacios de separación " δ_1 " y
" δ_2 " hace posible evitar herramientas de contacto para
suministrar corriente eléctrica a las planchas. Así, el
dispositivo anteriormente descrito se caracteriza por
20 una simplicidad de construcción máxima.

Merece la pena hacer observar que los espa-
cios de separación " δ_1 " y " δ_2 " entre las planchas 1
(1') y 2 y los correspondientes conductores de corrien-
te se pueden utilizar en una cualquiera de las disposi-
25 ciones esbozadas anteriormente de los dispositivos pa-

ra realizar el método de soldadura propuesto. Los mismos sólo son inconvenientes en el dispositivo ilustrado en la figura 6, en el que originarían fuertes pérdidas de energía activa.

5 La figura 15 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo para efectuar el método propuesto de soldadura cuando el espacio de separación entre las planchas 1 y 2 tiene una elevada resistencia eléctrica. Una característica distintiva de este dispositivo reside en unos desconectores 13, 13' y 14, 14' que están insertados entre los terminales de una batería de condensadores 5 en un lado y el terminal de la bobina inductora y un conductor de corriente 9 de baja inductancia acoplado a una plancha o pieza 2 en el otro lado. 10 La bobina inductora 3 está conectada a un conductor 8 de baja inductancia, estando el otro extremo del conductor de corriente acoplado a la plancha 1. 15

Otra característica específica del dispositivo es la disposición de una bobina inductora 3, planchas a soldar 1 y 2 y conductores de corriente 8 y 9 de baja inductancia en una unidad de soldadura separable independiente. El dispositivo debe comprender varias unidades dispuestas en un mecanismo de distribución 15 que asegura la conexión en serie de las unidades de soldadura a la batería de condensadores 5. Los contactos de los 20 25

desconectadores 13 y 14 están dispuestos en los terminales de la batería de condensadores 5, y correspondientes contactos 13' y 14' del desconectador están previstos en cada unidad de soldadura. Son adaptables conectores de cualquier diseño, pero los más convenientes son los que tienen contactos líquido-metal.

El dispositivo anterior funciona de la siguiente manera (su operación se considera desde el instante de la terminación de un ciclo de soldadura precedente). El mecanismo de distribución 15 separa la unidad de soldadura de la batería de condensadores 5, tras lo cual la unidad es llevada a una zona de descarga-carga, en la que se extrae de la misma un artículo acabado y se cargan en ella las planchas o piezas 1 y 2. Entonces se cierra herméticamente la zona de soldadura y, después de haber sido hecho el vacío en ella, se llena con un gas requerido. Las operaciones anteriores se prolongan hasta que se completa la soldadura en todas las unidades de soldadura subsiguientes que han sido preparadas para funcionamiento de una manera similar. Dentro de ese período, la unidad de soldadura en consideración se transfiere a una batería de condensadores 5 y se conecta a ella por medio de los desconectadores 13, 13' y 14, 14'. Las operaciones de desconexión-conexión, así como la transferencia de las unidades de soldadura, se realizan por medio del mecanismo de distribución 15, por ejemplo, de un tipo rotatorio. El tiempo de transferencia de la

unidad se emplea para descargar la batería de condensadores 5. Tan pronto como se conecta la unidad de soldadura a una unidad de almacenamiento de energía, se inicia una descarga en gas entre las planchas 1 y 2. En todos los otros aspectos el procedimiento de soldadura es similar al del dispositivo ilustrado en la figura 7.

Utilizando el dispositivo anterior es posible realizar la soldadura a una frecuencia limitada sólo mediante el tiempo de descarga de la batería de condensadores 5. Si el tiempo de descarga de la batería de condensadores 5 asciende a τ_1 , el tiempo de las operaciones de montaje a τ_2 y el tiempo de evacuación y de llenado con gas a τ_3 , entonces el número mínimo de las unidades de soldadura requeridas se define por la relación $\eta = \frac{\tau_2 + \tau_3}{\tau_1}$ y la eficacia del dispositivo será $\frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{\tau_1}$ veces más que el del dispositivo mostrado en la figura 7.

La soldadura eléctrica por impulsos magnéticos es capaz de enfrentarse con una amplia gama de problemas técnicos debido a una amplia gama de dispositivos desarrollados. Desde el punto de vista de la técnica particular, no se puede dar preferencia a ninguno de ellos. Por lo tanto, es mejor considerar con detalle el

dispositivo ilustrado en la figura 7, que se caracteriza por una simplicidad de diseño máxima y pérdidas de energía mínimas. Utilizando los dispositivos de este tipo es posible soldar adaptadores tubulares de cobre-acero y de acero-acero de aproximadamente 130 mm de diámetro con espesores de pared de una plancha móvil de aproximadamente 2,5 mm. Se darán aquí características particulares para el funcionamiento de un dispositivo previsto para soldar un adaptador tubular de cobre-acero que tiene un diámetro de 40— 50 mm, siendo el espesor de pared de la pieza móvil (cobre) de 1-1,5 mm. Este dispositivo tiene un miembro de almacenamiento de energía de baja inductancia con una capacidad de almacenamiento de $2.24 \cdot 10^{-3} \text{ F}$ y una tensión de operación máxima de $5 \cdot 10^3 \text{ V}$. Se utiliza una bobina inductura de una sola espira conectada a los otros elementos del dispositivo mediante conductores de corriente de baja inductancia. El espacio de separación entre las planchas se puede variar dentro de 0,5-3,5 mm. La falta de uniformidad del espacio de separación dentro del 20% no tiene efecto sobre la calidad de la soldadura. El espacio entre las planchas o piezas se cierra herméticamente y se vacía hasta una presión residual de $10^{-1} - 10^{-4} \text{ mm Hg}$. Bajo condiciones de soldadura típicas, la tensión a través del miembro de al

macenamiento asciende a $3 \cdot 10^3$ V y la intensidad del campo magnético en el espacio de separación entre la bobina inductora y la plancha movable no excede de $230 \cdot 10^3$ Oe. La soldadura es uniforme a lo largo de la

5 circunferencia de la plancha. Su longitud axial varía de 3 a 10 mm, dependiendo de la tensión del miembro de almacenamiento y de los parámetros de colisión de las planchas. La máxima eficacia de la soldadura calculada de la fórmula (1) es $\sim 1,25$ g/kJ. Los ensayos

10 de resistencia a cizalladura de las soldaduras mostraron que eran más fuertes que la resistencia del metal más débil (cobre). La fuerza de cizalladura total de la soldadura en muestras de 44 mm de diámetro es de 12-14 t. La estructura de la soldadura resultante del

15 presente método para soldadura se destaca por su elevada calidad de específica de maneta que se puede distinguir de todos los métodos de soldadura conocidos hasta ahora. La muestra pulida de la junta soldada pro-

20 ducida por los procedimientos de acuerdo con la invención presente características en la región de la unión entre las planchas que son inherentes a los procedimientos de soldadura de explosión y fusión. Cuantitativa-

25 mente, la manifestación de estas características puede variar, pero su presencia concurrente en cada soldadura es obligatoria.

Los siguientes pares de metales han demostrado ser soldables por el presente método de acuerdo con la invención: acero-acero, acero-aluminio, aleaciones de acero-aluminio, acero-titanio y aleaciones de los mismos, acero-cobre y aleaciones de los mismos, hierro colado-cobre y aleaciones de los mismos, cobre-aluminio y aleaciones de los mismos, titanio y aleaciones del mismo - aluminio y aleaciones del mismo, etc.

10

REIVINDICACIONES

15

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

20

1ª.- Un método para la soldadura por recubrimiento o solape de planchas de tubos, de las cuales una es una plancha o pieza de tubo movable que tiene una sección tubular a soldar y la otra es una plancha

25

estacionaria con una sección a soldar coaxial con la
plancha movable, comprendiendo dicho método las opera-
ciones de precalentar dichas planchas y comprimir a
continuación sus superficies que se sueldan por defor-
5 mación de la sección a soldar de la plancha movable
bajo la presión de un campo magnético pulsatorio, es-
tando caracterizado dicho método porque el precalenta-
miento se efectúa haciendo pasar una corriente eléctri-
ca radialmente entre las planchas, simultáneamente a
10 lo largo de toda la circunferencia de una junta solda-
da.

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª,
caracterizado porque se hace pasar una corriente eléc-
trica entre las planchas como una corriente de impul-
15 sos o un tren de dichos impulsos.

3ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª
ó 2ª, caracterizado porque la corriente pulsatoria se
hace pasar entre las planchas en el momento de la com-
presión de sus superficies a soldar.

20 4ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª,
2ª y 3ª, caracterizado porque las planchas están dis-
puestas con un espacio de separación que se llena con
un material eléctricamente conductor.

25 5ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª,

2ª, 3ª, 4ª, caracterizado porque la sección a soldar de la plancha movable está configurada como un cono truncado cuyo extremo está en contacto con la plancha estacionaria.

5 6ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª, 2ª y 3ª, caracterizado porque las planchas se disponen con el espacio de separación lleno con un gas a baja presión.

10 7ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado porque las planchas están hechas de metales similares, tales como acero-acero, cobre-cobre, aluminio-aluminio.

15 8ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado porque las planchas están hechas de metales distintos, tales como cobre-acero, acero-aluminio y aleaciones de los mismos, acero-titanio y aleaciones de los mismos, cobre-titanio y aleaciones de los mismos.

20 9ª.- Un dispositivo para realizar el método de soldadura por recubrimiento de planchas de tubos según las reivindicaciones 1ª a 3ª y 6ª a 8ª, caracterizado porque un grupo o batería de condensadores están conectados en serie con un mecanismo interruptor o conmutador de corriente y una bobina inductora que deforma la sección soldada de la plancha movable y una batería de con-

25

condensadores de activación está acoplada a dichas planchas de conductores de corriente de baja inductancia para producir la corriente pulsatoria entre ellos.

5 10a.- Un dispositivo según la reivindicación 9a, caracterizado porque conectado en serie en el circuito de dicha batería de condensadores de activación hay un mecanismo de interrupción de corriente que hace posible que dichas planchas sean soldadas a una baja tensión de ruptura del espacio de separación entre
10 ellas, tanto cuando el espacio de separación está lleno con un material eléctricamente conductor como cuando las planchas se tocan entre sí.

15 11a.- Un dispositivo según la reivindicación 10a, caracterizado porque insertado en el circuito de dicha batería de condensadores de activación hay un arrollamiento de alta tensión de un transformador de adaptación de impulsos cuyo arrollamiento de baja tensión está acoplado con las planchas que están siendo
20 soldadas.

25 12a.- Un dispositivo para realizar el método de soldadura por recubrimiento según las reivindicaciones 1a a 3a y 6a a 8a, que incluye el grupo de condensadores conectados en serie con la bobina de inducción que forma la sección a soldar de la plancha móvil,
25 caracterizado porque una plancha está conectada a la

bobina de inducción y la otra plancha al grupo de condensadores por medio de conductores de corriente de baja inductancia.

5 13ª.- Un dispositivo según la reivindicación 12ª, caracterizado porque, conectado en serie con dicha bobina de inducción, el grupo de condensadores y las planchas está el mecanismo de conmutación de corriente que hace posible soldar las planchas a una baja tensión de ruptura del espacio de separación entre ellas, tanto 10 cuando el espacio de separación está lleno con un material eléctricamente conductor como cuando las planchas están en contacto mutuo.

15 14ª.- Un dispositivo según la reivindicación 12ª, caracterizado porque, con el fin de aumentar la corriente pulsatoria que fluye entre las planchas, la batería de condensadores de activación está conectada en paralelo con la bobina de inducción y el grupo de condensadores.

20 15ª.- Un dispositivo según la reivindicación 14ª, caracterizado porque, conectado en serie con la bobina de inducción y el grupo de condensadores, hay un mecanismo de interrupción de corriente que hace posible aumentar la tensión de funcionamiento a través del 25 grupo de condensadores.

16ª.- Un dispositivo según la reivindicación 14ª, caracterizado porque, conectado en serie con dicha batería de condensadores de activación, hay un mecanismo de conmutación de corriente que hace posible aumentar la tensión de funcionamiento a través de la batería de condensadores de activación.

17ª.- Un dispositivo según la reivindicación 14ª, caracterizado porque un mecanismo de interrupción de corriente está conectado en serie a la bobina de inducción y la batería de condensadores, y el otro mecanismo de interrupción de corriente está conectado en serie a la batería de condensadores de activación.

18ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 12ª a 17ª, caracterizado porque una de las planchas y su conductor de corriente de baja inductancia están dispuestos con un espacio de separación entre ellos lleno con un gas a baja presión y perforado o atravesado por una corriente eléctrica durante la soldadura.

19ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 12ª a 18ª, caracterizado porque ambas planchas y sus conductores de corriente de baja inductancia están dispuestos con espacios de separación entre ellos llenos con un gas a baja presión y perforados por una descarga eléctrica durante la soldadura.

20ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 9ª y 10ª, caracterizado porque una de las planchas y su conductor de corriente de baja inductancia están dispuestos con un espacio de separación entre ellos lleno con un gas a baja presión y perforado por una descarga eléctrica durante la soldadura.

21ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 9ª y 10ª, caracterizado porque las planchas y sus conductores de corriente de baja inductancia están dispuestos con espacios de separación entre ellos que están llenos con un gas a baja presión y perforados por una descarga eléctrica durante la soldadura.

22ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 1ª a 19ª, en el que unos desconectadores están dispuestos en las tomas de las baterías de condensadores.

23ª.- Un método para la soldadura por recubrimiento o solape de planchas de tubos.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

25

Esta Memoria consta de ochenta y tres hojas
escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

3 FEB. 1976

Alberto de Elizalde

Por Poder

5

10

15

20

25

22.1.76

EBL. -

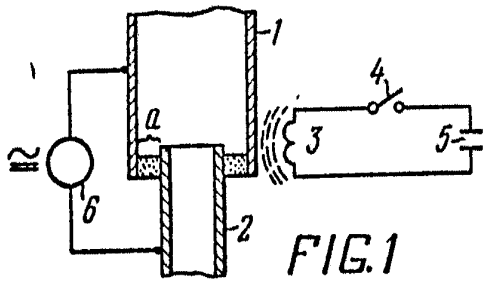


FIG. 1

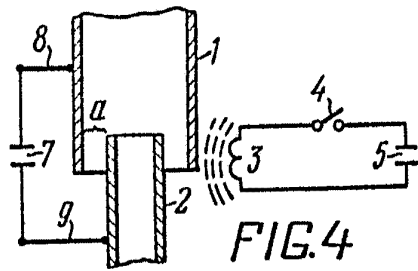


FIG. 4

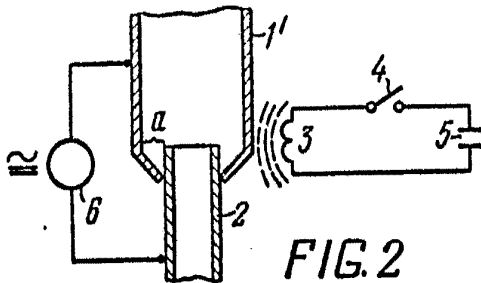


FIG. 2

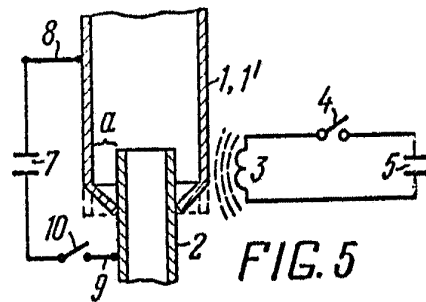


FIG. 5

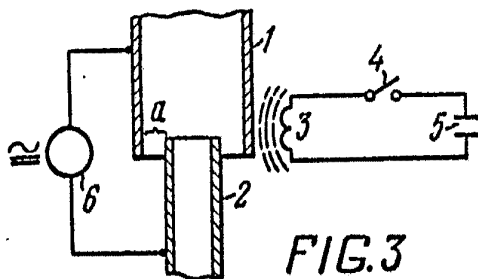


FIG. 3

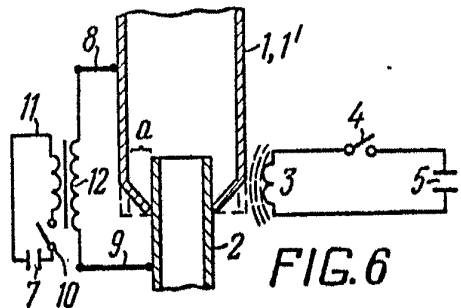


FIG. 6

Alberto de ...
 per Fedor

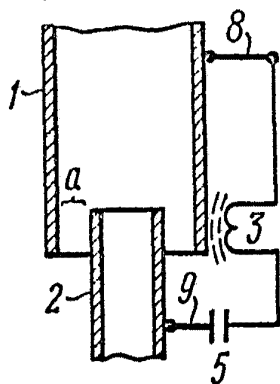


FIG. 7

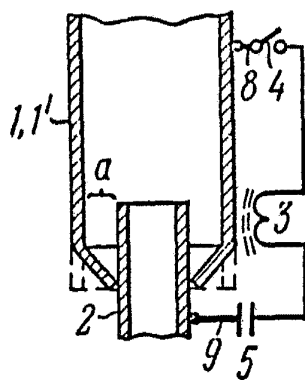


FIG. 8

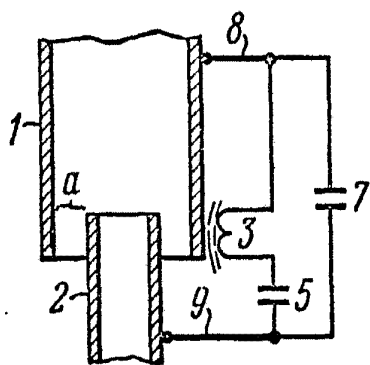


FIG. 9

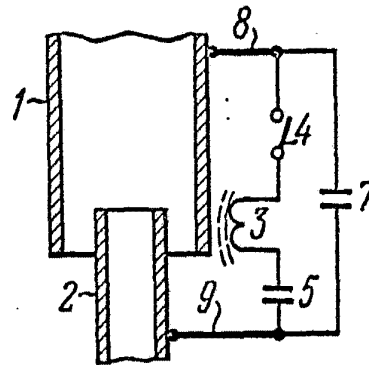


FIG. 10

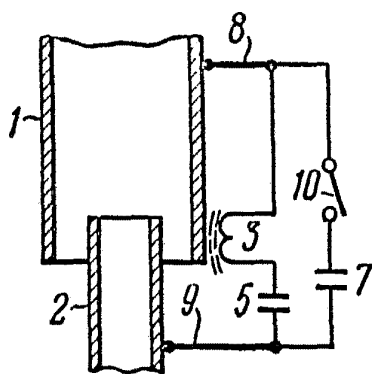


FIG. 11

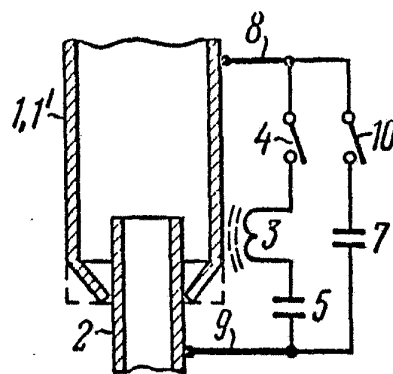


FIG. 12

ВНИМАНИЕ
ПОДПИСАТЬСЯ
ИЛИ ПОДПИСАТЬ
ПОД ПЕЧАТЮ

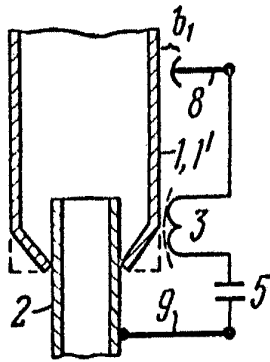


FIG. 13

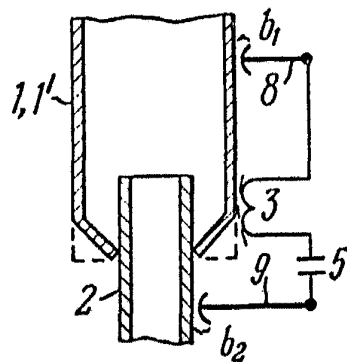


FIG. 14

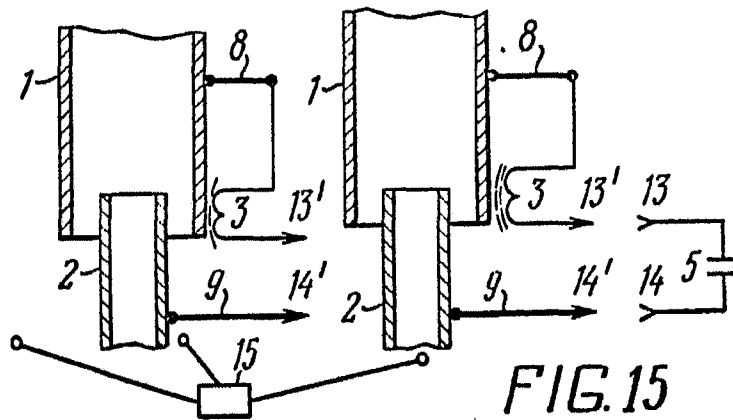
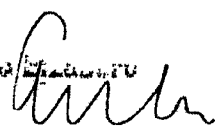


FIG. 15

Alberio de 
v. 1958.