



10 ES	11 21	NUMERO 404.922	10 A 1
	22	FECHA DE PRESENTACION 15-7-1.972	

**PATENTE DE INVENCION**

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO 173.487	20-8-71	EE.UU.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G21C	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION "UN APARATO DE SOLDADURA PARA SOLDAR UN TAPON EXTREMO METALICO A UN EXTREMO DE UN TUBO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR"
---

71 SOLICITANTE (S) WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION	(WE Case No 42.664)
---	---------------------

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América.
---

72 INVENTOR (ES) Robert Wayne Fink y Eugene Steven Boyko
---

73 TITULAR (ES)
-----------------

74 REPRESENTANTE DCN ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ	(P.- 51.548)
---	--------------

La invención se refiere en general a conjuntos de combustible nuclear, y, más específicamente, a un aparato nuevo y mejorado para soldar tapones metálicos extremos en los extremos de tubos metálicos de combustible que contienen el combustible nuclear.

Los elementos o barras combustibles para reactores nucleares comúnmente encierran el material fisiónable en un revestimiento o vaina o en un tubo de paredes finas, que sirve para soportar el combustible nuclear durante el funcionamiento del reactor. La vaina también evita el contacto y las reacciones químicas entre el combustible y el medio que lo rodea, tal como el agua en un reactor de agua a presión, y confina los productos de fisión radiactivos. La vaina debe ser resistente a la corrosión, no reactiva y conductora del calor, siendo los materiales comúnmente empleados en ella el acero inoxidable, tal como el tipo 304, o una aleación a base de zirconio, tal como el zircaloy-2 o el zircaloy-4. Las aleaciones a base de zirconio son preferibles al acero inoxidable a causa de la baja sección eficaz de captura del zirconio con respecto a los neutrones térmicos.

El combustible nuclear, que generalmente está en forma de pastillas cilíndricas de dióxido de uranio ( $UO_2$ ) enriquecido con U-235, está encerrado herméticamente en el tubo o vaina de paredes finas. Puesto que un

típico reactor nuclear utilizado en la generación de corriente eléctrica tiene millares de tubos individuales de combustible, necesitando cada uno dos cierres extremos, y puesto que es crítico el que los cierres extremos sean her-  
5 méticos y mecánicamente resistentes para contener los productos de fisión radiactivos, los cierres extremos han sido tema de considerable investigación. Se han propuesto muchos métodos diferentes para cerrar los extremos. Los métodos mecánicos, que incluyen embutición, recalado, re-  
10 bordeado y similares, producen a menudo juntas con fugas. Los métodos de soldadura, tales como el de soldadura con arco eléctrico, en que se sueldan tapones extremos a los extremos del tubo, a menudo dan como resultado defectos tales como fisuras, porosidad, deformación del tubo junto  
15 a la extensión interior del tapón terminal, y una reducción en el espesor del tubo adyacente a la soldadura, conocida como socavado del diámetro interior.

Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar cierres herméticos, mecánicamente resistentes y resistentes a la corrosión, para  
20 la vaina del combustible nuclear, con un aparato que reduzca los defectos de cierre a sólo un pequeño porcentaje.

Con este objetivo a la vista, la presente invención reside en un aparato de soldadura de un tapón  
25

metálico extremo a una punta de un tubo de combustible para un reactor nuclear, en que el tubo de combustible con una junta a tope entre el extremo del tubo de combustible y un resalto sobre el tapón extremo es insertado en una cámara de soldadura y un electrodo de soldadura es orientado sobre la junta a tope, se purga la cámara de soldadura con un gas inerte, se hace girar el tubo de combustible y el tapón extremo alrededor del eje geométrico longitudinal del tubo de combustible, y se establece un arco eléctrico entre el electrodo de soldadura y el tubo de combustible y el tapón extremo giratorios, a cuyo efecto, durante la soldadura, el plasma producido por el arco es desviado fuera de la parte de cuerpo del tubo de combustible y es dirigido hacia el interior de la junta entre el tubo de combustible y el tapón extremo. El deflector de plasma, que está dispuesto preferentemente para girar con el tubo de combustible, desvía el plasma formado por el arco eléctrico lejos de la parte de cuerpo del tubo o de la vaina de combustible de paredes finas, y lo dirige hacia la junta a tope. El deflector de plasma hace que el electrodo de soldadura sea situado de manera satisfactoria directamente sobre la junta a tope, sin sobrecalentamiento del tubo de combustible, proporcionando uniones por soldadura a prueba de fugas y de elevada resistencia. Por otra parte, el empleo del deflector de plasma da



como resultado una reducida sensibilidad a las variaciones de parámetros, tales como intensidad, tensión, velocidad de rotación y posición del electrodo.

5           La invención se comprenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción de una realización preferida de la misma, mostrada, a título de ejemplo solamente, en los dibujos adjuntos, en que:

10           La Figura 1 es una vista fragmentaria en alzado, parcialmente en corte, de un aparato de soldadura construido y montado conforme a las enseñanzas de la invención;

15           las Figuras 2 y 3 son vistas fragmentarias en corte transversal de típicos modelos de soldadura producidos sobre conjuntos de combustible nuclear según las enseñanzas de la técnica anterior, y según las enseñanzas de la invención, respectivamente; y

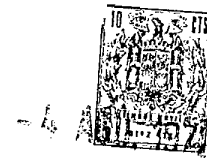
            la Figura 4 es una vista fragmentaria en alzado, parcialmente en corte, que ilustra el aparato de soldadura de la Figura 1, sólo que modificado conforme a otra realización de la invención.

20           Con referencia ahora a los dibujos, y a la Figura 1 en particular, se muestra una realización ejemplar de una barra o conjunto 10 de combustible nuclear en que pueden utilizarse las enseñanzas de la invención. El conjunto de combustible 10 incluye una pluralidad de pastillas  
25           cilíndricas 12 de combustible nuclear, tal como  $UO_2$  enri-



quecido con U-235, dispuestas extremo con extremo dentro de la vaina o del tubo 14 de combustible. El tubo 14 de combustible es un tubo alargado de paredes finas, con un típico tubo de combustible que tiene un diámetro exterior inferior a 12,7 mm, un espesor de pared que depende del tipo de material de la vaina, y de si el interior del tubo de combustible ha de ser sometido o no a presión, pero usualmente en el margen de, aproximadamente, 0,41 a 0,58 mm, y una longitud que varía entre amplios límites. El material de la vaina puede ser un acero inoxidable austenítico, tal como el tipo 304, que permite que se empleen proporciones muy grandes de diámetro a espesor de pared, o una aleación de zirconio, que es preferible al acero inoxidable desde el punto de vista de la absorción de neutrones, pero que debe ser diseñada con proporciones ligeramente inferiores de diámetro a espesor. Tal aleación de zirconio puede contener, en peso, de 1,2 a 1,7% de estaño, de 0,07 a 0,20 % de hierro, de 0,05 a 0,15 % de cromo, de 0,03 a 0,08 % de níquel, y de 97,87 a 98 % de zirconio. Una aleación de zirconio específica puede contener 1,5 % de estaño, 0,12 % de hierro, 0,10 % de cromo, 0,05 % de níquel, con el resto de zirconio.

Los extremos del tubo 14 de combustible están cerrados con tapones extremos formados del mismo material que el tubo de combustible, tales como el tapón terminal



16 mostrado en la Figura 1. Se proporciona una cámara im-  
pelente 18 dentro del tubo 14 de combustible, entre un ex  
tremo de la pila axial de pastillas 12 de combustible y  
el tapón extremo adyacente, tal como el tapón extremo 16,  
5 y las pastillas 12 son mantenidas en la posición deseada  
y se las impide moverse durante el transporte por un mue-  
lle 20 dispuesto entre el extremo de la pila de pastillas  
de combustible y el tapón extremo.

En la realización ejemplar del conjunto de com-  
bustible 10 mostrado en la Figura 1, un tapón extremo si-  
milar al tapón extremo 16 ha sido ya soldado al otro ex-  
tremo del tubo 14 de combustible, y el tubo de combustible  
se llena luego con las pastillas 12 de combustible, se  
dispone el muelle 20 en el extremo de la pila, y se presio  
15 na el tapón extremo 16 en el extremo abierto del tubo 14  
de combustible, comprimiéndose el muelle 20. La superfi-  
cie 22 del tapón extremo 16 tiene un diámetro seleccionado  
para proporcionar un ajuste a presión con el diámetro in-  
terior del tubo de combustible, a fin de que el tapón ex-  
tremo mantenga su posición montada en tanto que comprime  
20 el muelle 20 contra la pila de pastillas 12 de combusti-  
ble.

La etapa de soldar el tapón extremo 16 al tubo  
14 de combustible puede completar el cierre del tubo 14  
25 de combustible; o bien, el último de los dos tapones ex-



tremos a ser soldados al tubo de combustible, tal como el tapón extremo 16, puede incluir una pequeña abertura axial (no mostrada) que se extiende entre sus extremos, en el caso de que la barra combustible 10 sea del tipo que se somete a presión con un gas inerte. Si la barra combustible 10 ha de ser sometida a presión, esta etapa sigue a la etapa de soldadura del tapón extremo 16 al tubo 14 de combustible. Las Solicitudes Nos. de Serie 680.863 y 96.153, presentadas el 6 de Noviembre de 1967 y el 8 de Diciembre de 1970, respectivamente, ambas de las cuales están cedidas al mismo cesionario de la presente solicitud, describen métodos para cerrar la abertura axial en el tipo de barra de combustible a presión.

El tapón extremo 16 tiene extremos primero 17 y segundo 19, respectivamente, y una superficie exterior cilíndrica, intermedia, 24 que define el mayor diámetro exterior del tapón extremo 16, con este diámetro seleccionado para ser substancialmente idéntico al diámetro exterior del tubo 14 de combustible. El extremo 17 del tapón 16, que es externo al tubo de combustible cuando el tapón extremo se monta con él, tiene un diámetro menor que la superficie 24, con una superficie estrechada 26 que se extiende desde el extremo 17 hasta la superficie 24 del tapón extremo 16. El extremo 19 del tapón 16 está dispuesto dentro del tubo 14 de combustible, con la superficie más exterior 24 extendiéndose



dose escalonada y perpendicularmente hacia el interior de la superficie cilíndrica 22, que forma un resalto 28 entre las superficies 22 y 24, apoyándose este resalto contra el borde extremo del tubo 14 de combustible para formar una junta a tope 30 entre el tubo de combustible y el tapón extremo. La superficie 22, como se expuso anteriormente, tiene un diámetro seleccionado para proporcionar un ajuste a presión con el diámetro interior del tubo de combustible, manteniendo el tapón extremo 16 en una relación montada con el tubo de combustible, y proporcionando también soporte y apoyo metálico al tubo de combustible, de paredes delgadas, durante la operación de soldadura. Una superficie ligeramente estrechada 32 se extiende desde la superficie 22 hasta el extremo 19 del tapón de combustible 16, con el extremo 19 teniendo un diámetro exterior ligeramente menor que la superficie 22 a fin de facilitar la inserción del tapón extremo 16 dentro del tubo 14 y de alinear adecuadamente el tapón extremo con el tubo de combustible durante la introducción a presión del tapón extremo en relación montada con el tubo de combustible.

El tapón extremo 16 se suelda al tubo 14 de combustible en la junta a tope 30, disponiendo un electrodo de soldadura adyacente a la junta 30 e iniciando un arco eléctrico entre el electrodo y el metal base. La unión y



el cierre hermético se obtienen por una fusión progresiva y localizada, que produce un flujo simultáneo de los bordes adyacentes de la junta a tope, y una solidificación de cierre del metal que rodea a la junta a tope, a medida que se giran el tubo 14 de combustible y el tapón extremo alrededor del eje geométrico longitudinal del tubo de combustible adyacente al electrodo estacionario de soldadura.

Con una junta del tipo a tope, el electrodo de soldadura se dispone preferentemente de manera que su eje geométrico longitudinal se alinee substancialmente con la junta a tope. Sin embargo, con el tubo de combustible de paredes delgadas y el tapón extremo, disponiendo el electrodo de soldadura directamente sobre la junta a tope y empleando los aparatos y los métodos de soldadura de la técnica anterior, se produce un sobrecalentamiento del tubo de combustible, a fin de obtener la penetración de soldadura requerida en el tapón extremo. Por lo tanto, es necesario mover la posición del electrodo de soldadura con relación a la junta, de modo que esté sobre el lado del tapón extremo de la junta. Esta disposición produce un diseño de soldadura que es muy profundo en el tapón extremo, y para los mejores resultados, el diseño debe penetrar en el extremo del tubo de combustible, junto a su borde interior. La figura 2 es una vista en corte transversal de la junta a tope que ilustra un típico modelo 34 de



soldadura obtenido soldando con arco el tapón extremo al tubo de combustible, con el electrodo de soldadura dispuesto sobre el lado del tapón extremo de la junta plana 30.

5 Tal como se expuso anteriormente, los mejores resultados desde el punto de vista de reducir los defectos de soldadura se obtienen cuando el diseño de soldadura penetra en el tubo de combustible en, o próximo a, su esquina interior. Este diseño, sin embargo, es difícil de obtener y de mantener firmemente de soldadura a soldadura, en

10 la situación en donde el electrodo de soldadura está dispuesto sobre el lado del tapón extremo de la junta a tope. El diseño resultante es sumamente sensible a la variación de parámetros, tales como intensidad, tensión, velocidad de rotación y posición del electrodo. Los defectos de la

15 barra de combustible debidos a la soldadura incluyen la deformación del tubo de combustible inmediatamente junto al sitio en que el tubo de combustible ya no está soportado internamente por el tapón extremo, socavado del diámetro interno, que reduce el espesor de pared del tubo de

20 combustible por debajo del mínimo aceptable, y porosidad que puede presentar fugas, o causar una fuga a las elevadas presiones interna y externa a que está sometida la barra de combustible durante el uso. La junta soldada está sometida a un esfuerzo riguroso debido a la contracción y

25 a la dilatación térmicas repetidas de las pastillas 12 de



combustible en respuesta a las demandas cíclicas de potencia hechas sobre el reactor. Los defectos de soldadura expuestos anteriormente son debidos principalmente al sobrecalentamiento, y al recocido para aliviar tensiones internas del tubo de combustible, a la desviación angular del arco eléctrico, y a la dificultad de obtener una anchura uniforme del baño de fusión de la soldadura. Asimismo, ciertos defectos, tales como la porosidad y el socavado del diámetro interno, pueden ser causados también por la falta de alineación entre el tubo de combustible y el tapón extremo.

La presente invención se refiere a nuevos y mejorados métodos y aparatos para soldar tapones extremos a tubos de combustible, que reduce sustancialmente los defectos de soldadura, favorece la alineación y controla automáticamente la dimensión de crecimiento de la soldadura.

De manera más específica, la Figura 1 ilustra un nuevo y perfeccionado aparato soldador 40, el cual incluye: una cámara 42 de soldadura que tiene un tope extremo giratorio 44, una abertura 46 de acceso alineado coaxialmente con el tope extremo 44, una cámara de soldadura 48, una fuente de energía eléctrica, un mandril giratorio 51 de accionamiento, tal como un mandril neumático, y medios 52 para proporcionar un gas inerte, que es una buena atmósfera para la soldadura con arco. El argón, el helio y



mezclas de helio con argón son ejemplos de gases apropiados, siendo preferido el helio.

El electrodo 48 es del tipo no consumible, siendo preferible uno de tungsteno con torio en un 2 %.

5 El electrodo 48 está conectado a un lado de la fuente 50, tal como el terminal negativo de un soldador usual de corriente continua, y el terminal positivo está destinado a conectarse a la pieza de trabajo o tubo de combustible que se suelda.

10 Se proporciona un deflector 60 de plasma que gira con el tubo 14 de combustible durante la soldadura, con el deflector 60 de plasma actuando para desviar el plasma, es decir, los gases ionizados formados por el arco eléctrico de soldadura, fuera del tubo de combustible y para volver a dirigir este plasma hacia el interior de la junta a tope 30. No funciona como un bloque de enfriamiento rápido, y a diferencia de un bloque de enfriamiento rápido, está separado del tubo 14 de combustible durante la operación de soldadura por una distancia predeterminada, como se explicará posteriormente. Los bloques usuales de enfriamiento rápido no son aceptables, puesto que pueden contaminar la soldadura e inducir a corrosión y subsiguiente fallo de la junta soldada. El deflector 60 de plasma puede proporcionar también las importantes funciones de mantener la

15

20

25 alineación del tubo de combustible y del tapón extremo du



rante la soldadura, lo que es esencial si se han de obtener firmemente soldaduras sanas, y de inspeccionar o calibrar automáticamente la barra combustible en cuanto al máximo crecimiento de la soldadura.

5 De manera más específica, el deflector 60 de plasma es un conjunto tubular, alargado, que tiene extremos primero y segundo, 62 y 64 respectivamente. A fin de prevenir la contaminación de la soldadura, el extremo frontal 62 está recubierto con el mismo material del que está formado el tubo de combustible. Por consiguiente, si se utiliza zircaloy-4 para el tubo 14 de combustible, debe disponerse un miembro tubular 66 formado de zircaloy-4 en el extremo 62 de un deflector 60 de plasma. El miembro tubular extremo 66 tiene un diámetro interior seleccionado para proporcionar una holgura predeterminada entre él y el diámetro exterior del tubo 14 de combustible. La holgura mínima es la dimensión máxima de crecimiento de la soldadura, y la holgura máxima es aquella holgura más allá de la cual el arco eléctrico y el plasma empezarán a entrar en la abertura. Seleccionando la holgura de modo que el deflector 60 de plasma sea justamente separable del tubo de combustible por encima de la soldadura, cuando la dimensión de la soldadura está en su límite máximo, el deflector de plasma funcionará como un calibrador automático sobre el crecimiento de la soldadura. Puesto que el

10

15

20

25



máximo crecimiento permisible de la soldadura es de unos 0,25 mm, el diámetro interior del miembro extremo 66 puede ser 0,25 mm mayor que el diámetro exterior del tubo 14 de combustible. La holgura total de unos 0,25 mm no es demasiado grande desde el punto de vista de permitir el acceso del plasma y del arco eléctrico a la zona bajo la pieza extrema 66. Una holgura total de 0,25 mm es también una dimensión adecuada para permitir que el gas de protección escape de la cámara 42 de soldadura y aún proporcione una presión positiva de gas de protección dentro de la cámara, para proteger adecuadamente la operación de soldadura.

La pieza extrema 66 prosigue desde la punta 62, en una distancia predeterminada, que es aproximadamente de 3,17 mm, y luego se extiende gradual y perpendicularmente hacia el interior de una superficie de diámetro menor, formando una pestaña o reborde 67 para aceptar un miembro metálico, tubular, intermedio 68. Puesto que el miembro 68 está espaciado del tubo de combustible por la pieza extrema 66, no contaminará al tubo de combustible en las proximidades de la soldadura, y por lo tanto puede estar hecho de un material tal como cobre. El segundo extremo 64 incluye una pieza tubular extrema 70 que puede estar conformada de manera similar a la primera pieza extrema 66, teniendo un diámetro interno superior en unos 0,25 mm al diámetro



5 externo del tubo 14 de combustible, y un resalto 71 para recibir y soportar al otro extremo del miembro tubular intermedio 68. Puesto que la segunda pieza extrema 70 no tocará ni será adyacente al metal caliente, puede estar formada de un material aislante tal como el politetrafluoroetileno, o una de las poliamidas.

10 El alineamiento apropiado del tubo 14 de combustible y del tapón extremo 16 es de la mayor importancia si se han de obtener firmemente soldaduras exentas de defectos. El deflector de plasma puede proporcionar la función de facilitar y mantener la alineación requerida mediante selección del diámetro exterior del deflector de plasma, y del diámetro de la abertura 46 de acceso, de modo que se proporcione una holgura total entre los dos de  
15 menos de 0,025 mm, y realizando la operación de soldadura con el deflector de plasma parcialmente dentro y parcialmente fuera de la cámara 42. La pared de la cámara 42, a través de la cual se extiende la abertura 46, debe ser relativamente gruesa, tal como de 2,54 a 10,2 cm. Con la estrecha holgura entre el deflector 60 de plasma y la  
20 abertura de acceso, y con la pared relativamente gruesa, el deflector de plasma girará libremente con el tubo 14 de combustible sólo cuando los ejes geométricos del mandril 51, del tubo 14 de combustible, del tapón extremo 16 y del  
25 tope extremo 44 están apropiadamente alineados.



Tal como se expuso anteriormente, el deflector 60 de plasma se hace girar con la barra combustible 14 durante la etapa de soldadura, a fin de impedir que el primer extremo 66 del mismo llegue a sobrecalentarse durante la operación de soldadura. La rotación del deflector 60 de plasma puede lograrse fijándolo a la barra combustible 14, tal como se ilustra en la Figura 1. Por ejemplo, puede utilizarse un miembro anular 72 que tiene una abertura seleccionada para permitir que se deslice sobre el tubo 14 de combustible, poseyendo el miembro anular 72 una pluralidad de tornillos de ajuste o con orejetas, dispuestos en relación circunferencialmente espaciada, y siendo perpendiculares al eje geométrico central del miembro anular los ejes geométricos longitudinales de los tornillos con orejetas. Dos tornillos 74 y 76 con orejetas están ilustrados en la Figura 1, pero se necesitarían tres o cuatro. El miembro anular tiene una magnitud de diámetro interior como para recibir fácilmente al tubo 14 de combustible, y el miembro anular está dispuesto adyacente al extremo 64 del deflector 60 de plasma. El miembro anular 72 está acoplado mecánicamente al deflector 60 de plasma por medios adecuados cualesquiera, tal como por miembros 78 que saltan elásticamente en aberturas de tamaño adecuado del extremo 64 del deflector de plasma. El ajuste de los tornillos de regulación no sólo fijará el



deflector de plasma al tubo de combustible, sino que permite que se logre fácilmente un espaciado uniforme del deflector 60 de plasma con relación al tubo 14 de combustible.

5                   La disposición para hacer girar el deflector 60 de plasma con el tubo 14 de combustible mostrado en la figura 1 requiere que el deflector de plasma sea ajustado para cada operación de soldadura. La Figura 4 es una vista fragmentaria del aparato de soldadura 40' que es similar

10 al aparato 40 mostrado en la Figura 1, sólo que modificado para hacer girar al deflector 60 de plasma directamente desde el mandril 51 de accionamiento. Una pluralidad de miembros de barra, tales como los miembros de barra 80 y 82, están dispuestos para enlazar mecánicamente el mandril 51 y el extremo 64 del deflector 60 de plasma. Con

15 el montaje de la Figura 4, una vez que se ajuste la posición del mandril para situar apropiadamente el deflector 60 de plasma dentro de la abertura 46 de acceso, no será necesario montar el deflector 60 de plasma para cada etapa de soldadura. El mandril y la cámara de soldadura pueden estar montados sobre una base de acero común y fijados con espigas posicionadoras una vez que se logra el alineamiento. La distancia entre el mandril 51 y el tope extremo 44 debe ser tan corta como sea posible, para impedir la flexión del tubo 14 de combustible.

20

25



En el funcionamiento del aparato de soldadura 40, ó 40', un extremo del tubo 14 de combustible, con el tapón extremo presionado en posición, se inserta a través del mandril 51, a través del deflector 60 de plasma y de la abertura 46 de acceso, y dentro de la cámara 42 de soldadura. Se hace avanzar el tubo de combustible dentro de la cámara 42 hasta que el extremo 17 del tapón extremo 16 esté descansando contra el cojinete rotatorio 44 de tope. Luego se puede hacer que actúe el mandril 51 para sujetar el tubo de combustible. El electrodo 48 de soldadura se sitúa directamente sobre la junta a tope 30, y espaciado apropiadamente de ella, tal como alrededor de 1,59 mm. El deflector 60 de plasma se sitúa de modo que su extremo 62 esté a una distancia de 0,51 a 1,78 mm, aproximadamente, de la junta a tope 30, sobre su lado del tubo de combustible. La posición exacta del extremo 62 dentro de este margen puede influir algo en la posición del electrodo 48, a fin de impedir la fusión del extremo del deflector de plasma adyacente al electrodo. Una vez que se obtiene el espaciamiento apropiado del extremo 62 respecto de la junta 30, se fija el deflector de plasma al tubo de combustible o al mandril, de modo que gire cuando gira el tubo 14 de combustible. Luego se somete a presión, con un gas inerte, tal como el helio, la cámara 42 de soldadura. La cámara 42 se purga por una abertura (no mostrada) que permite que el



aire de la cámara sea sustituido por el gas inerte. Luego se activa el accionamiento para hacer girar el mandril 51. A continuación se aplica corriente de soldadura al electrodo 48. Una velocidad rotatoria de 15 a 17 R.P.M., una  
5 intensidad en el margen de 36 a 48 amperios, y un voltaje del arco de 14 a 16 voltios, produjeron excelentes soldaduras con una revolución del tubo de combustible a intensidad de corriente constante, con una subsiguiente disminución progresiva en 2 a 4 segundos, programada para reducir  
10 la intensidad de la corriente de soldadura a cero. Con el deflector de plasma en su sitio, se encontró que los parámetros tales como intensidad, tensión, velocidad de rotación y posición del electrodo eran menos críticos. Por otra parte, la desviación del plasma fuera del tubo y hacia el interior de la junta 30 de soldadura permite que el  
15 electrodo 48 sea colocado con éxito directamente, en esencia, sobre la junta a tope 30, puesto que la soldadura puede hacerse con una sola revolución a intensidad constante. El plasma se dirige hacia el interior de la zona deseada  
20 en la junta 30, sin sobrecalentar el tubo de combustible, dando por resultado un diseño de soldadura 90 tal como el ilustrado en la Figura 3, que es substancialmente simétrico con respecto al tubo de combustible y al tapón extremo. Este rápido calentamiento en la zona de la junta a tope  
25 30, sin sobrecalentamiento del tubo de combustible, redu-



ce substancialmente los defectos de soldadura debidos a co  
rrrimiento, porosidad y reducción del espesor del tubo (so  
cavado del diámetro interior), y el deflector 60 de plasma  
también favorece y mantiene la alineación del tubo de com  
5 bustible, lo que, asimismo, ayuda a reducir los defectos  
de soldadura. Además, calibrando apropiadamente el diáme-  
tro interior de las piezas extremas del deflector 60 de  
plasma, si el deflector de plasma puede ser desmontado  
del tubo de combustible después de la operación de solda-  
10 dura sin rebajar a máquina la soldadura, el crecimiento  
de la soldadura está dentro de la tolerancia.

El nuevo y perfeccionado aparato de soldadura 40  
mostrado en la Figura 1, o el aparato de soldadura 40' mos-  
trado en la Figura 4, pueden emplearse para soldar un ta-  
15 pón metálico extremo en el extremo de un tubo metálico de  
reactor mediante los pasos de: proporcionar una cámara  
42 de soldadura que tiene una abertura 46 de acceso a  
ella, situar un electrodo 48 de soldadura dentro de la  
cámara 42 de soldadura, proporcionar un tubo 14 de combus-  
20 tible con un tapón 16 dispuesto en un extremo del mismo,  
con una junta a tope 30 entre el extremo del tubo de com-  
bustible y un resalto 28 sobre el tapón extremo 16. El tu-  
bo de combustible y el tapón extremo se insertan dentro  
de la cámara 42 de soldadura a través de la abertura 46  
25 de acceso, con el electrodo 48 de soldadura orientado so-



bre la junta a tope 30. Luego se somete a presión con un gas inerte la cámara de soldadura, y se hace girar al tubo de combustible y al tapón extremo alrededor de sus ejes geométricos longitudinales. Se establece un arco eléctrico entre el electrodo 48 de soldadura y el tubo de combustible y el tapón extremo giratorios, y el plasma generado por el arco eléctrico es desviado fuera de la parte de cuerpo del tubo de combustible y vuelto a dirigir hacia el interior de la junta 30. Se mantiene una intensidad de corriente constante durante una revolución del tubo de combustible, y luego se reduce la corriente de soldadura, permitiéndose una solidificación de cierre del metal que rodea la junta a tope 30. La desviación del plasma formado por el arco eléctrico que es adyacente al lado del tubo de la junta a tope, fuera del tubo y hacia el interior de la junta, puede lograrse por un deflector de plasma que también puede emplearse para proporcionar los pasos de alineamiento del tubo de combustible, y de calibrado automático de la dimensión de crecimiento de la soldadura.

En resumen, se han descrito nuevos y perfeccionados métodos y aparatos de soldadura para reducir substancialmente los defectos de soldadura mientras se sueldan tapones extremos en los extremos del tubo de combustible para uso en reactores nucleares. La reducción substancial de los defectos de soldadura se obtiene sin contaminar la zona



5 soldada, desviando y dirigiendo de nuevo el plasma producido por el arco eléctrico, en lugar de utilizar los métodos de la técnica anterior consistentes en usar bloques de enfriamiento rápido ajustables apretadamente, dispuestos sobre el tubo de combustible inmediatamente junto a la soldadura. El deflector de plasma empleado en la invención puede proporcionarse a un costo relativamente bajo, y puede estar dimensionado para cooperar con una cámara de soldadura, para favorecer y mantener la alineación del tubo de combustible durante la operación de soldadura, así como para calibrar automáticamente la dimensión de crecimiento de la soldadura después de la etapa de soldadura.

15 Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 20 de agosto de 1971 con el número 173.487, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

25

28.7.72

## REIVINDICACIONES

5                    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:

10                    1ª.- Un aparato de soldadura para soldar un tapón extremo metálico a un extremo de un tubo de combustible nuclear, en el que el tubo de combustible, con el tapón extremo insertado en preparación de una junta a tope entre el extremo del tubo de combustible y un resalte del tapón extremo, está montado de modo que se extiende dentro  
15                    de una cámara de soldadura que tiene un electrodo de soldadura situado en ella, y un tope extremo situado dentro de dicha cámara de soldadura en posición adyacente a dicha junta a tope cuando el extremo frontal de la barra de combustible se apoya en dicho tope extremo, medios para  
20                    proporcionar a dicha cámara de soldadura una atmósfera de gas inerte, y un mandril accionado situado fuera de la cámara de soldadura junto a una abertura de acceso a través de la cual dicha barra de combustible se extiende dentro de dicha cámara de soldadura, con los ejes del mandril, la abertura de acceso y el tope extremo en alineación  
25



ción sustancial, estando destinado dicho mandril a recibir, sujetar y hacer girar al tubo de combustible, caracterizado porque un deflector de plasma cilíndrico alargado que tiene una abertura dimensionada para recibir una barra de combustible está montado sobre dicha barra de combustible, pero quedando eléctricamente aislado de ella, con una holgura predeterminada entre la barra de combustible y el interior de la abertura del deflector de plasma, teniendo dicho deflector de plasma un extremo frontal formado del mismo metal que la barra de combustible y situado en la cámara de soldadura de tal manera que está dispuesto en posición axialmente adyacente a la junta a tope entre la barra de combustible y el tapón extremo, pero quedando ligeramente espaciado de dicha junta, estando el electrodo conectado a un polo de una fuente de alimentación de energía eléctrica, cuyo otro polo está conectado a la barra de combustible para soldar eléctricamente el tapón extremo a la barra de combustible.

2ª.- UN APARATO DE SOLDADURA PARA SOLDAR UN TAPON EXTREMO METALICO A UN EXTREMO DE UN TUBO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.

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

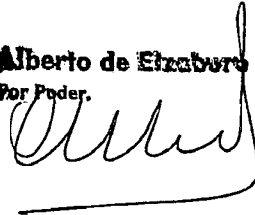


Esta Memoria consta de veintiséis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 09.FEB.1978

P.A.

**Alberto de Ezaburo**  
**Por Poder.**



5

10

15

20

25



1977

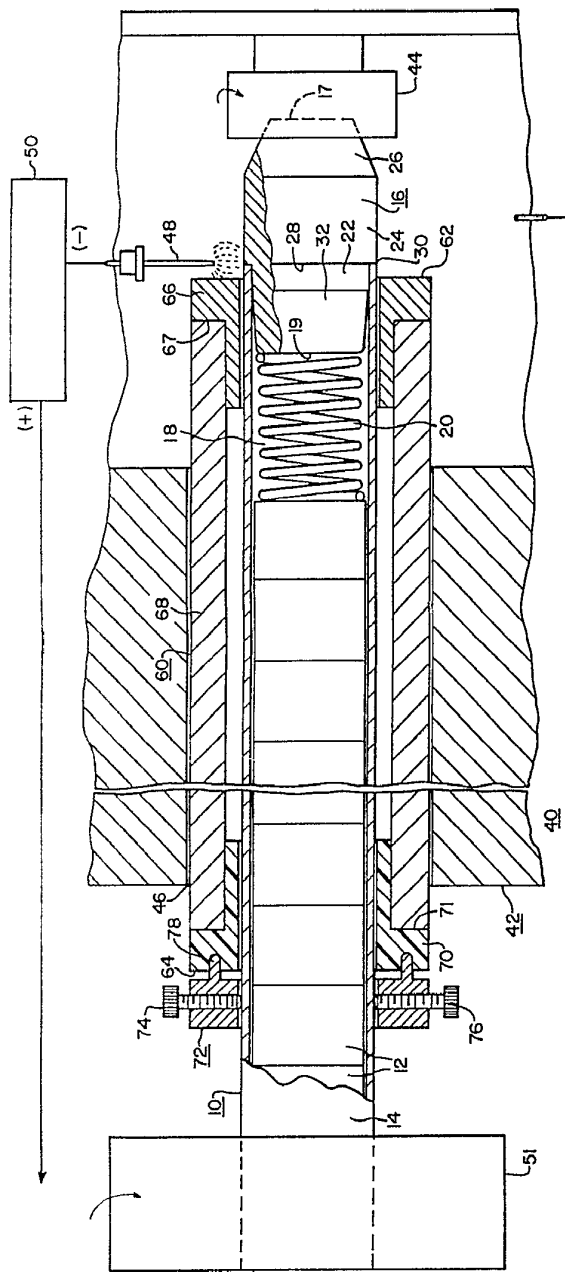


FIG. 1.

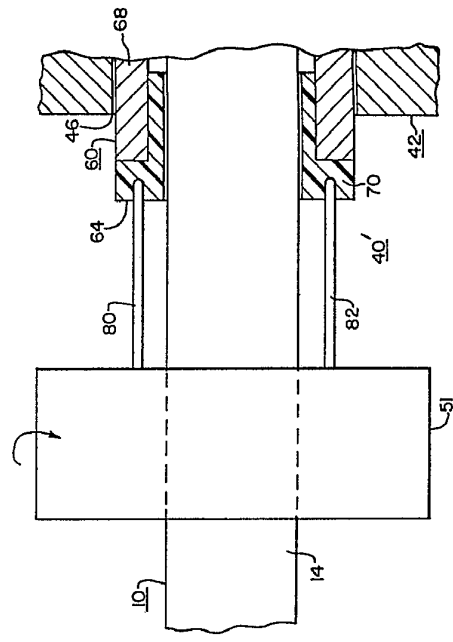


FIG. 4.

FIG. 2.

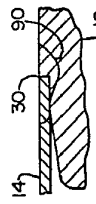
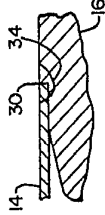


FIG. 3.



*Alberto de Eizaburu*  
 INVENTOR

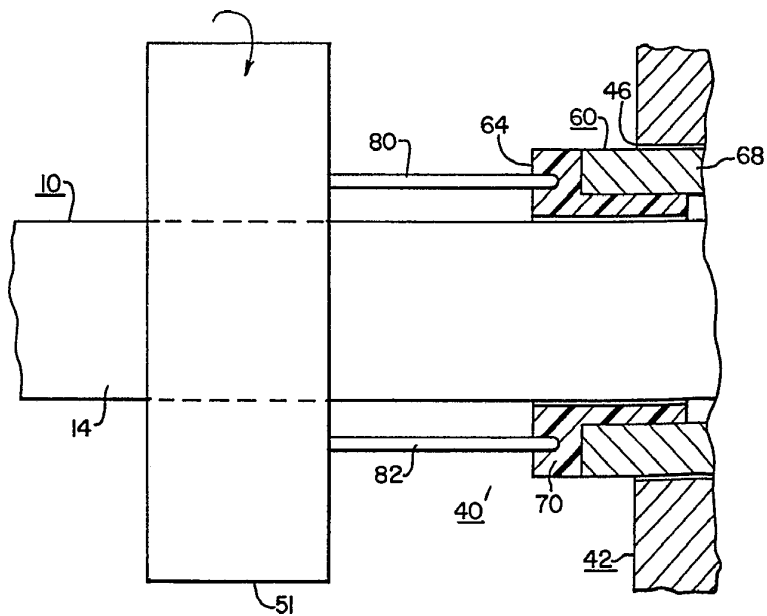
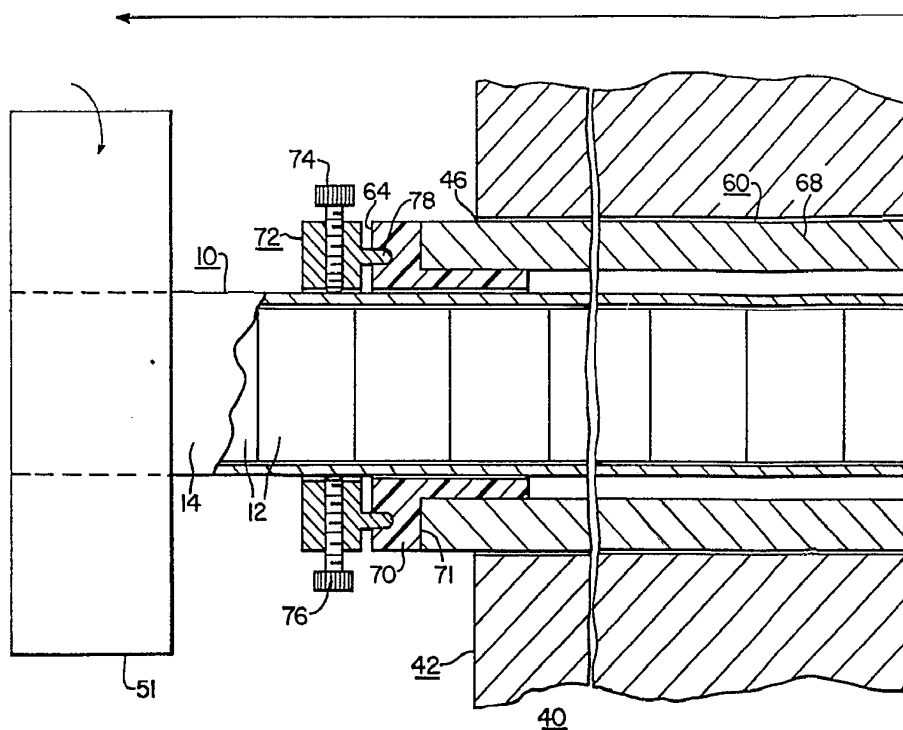


FIG. 4.

AG 01 1972

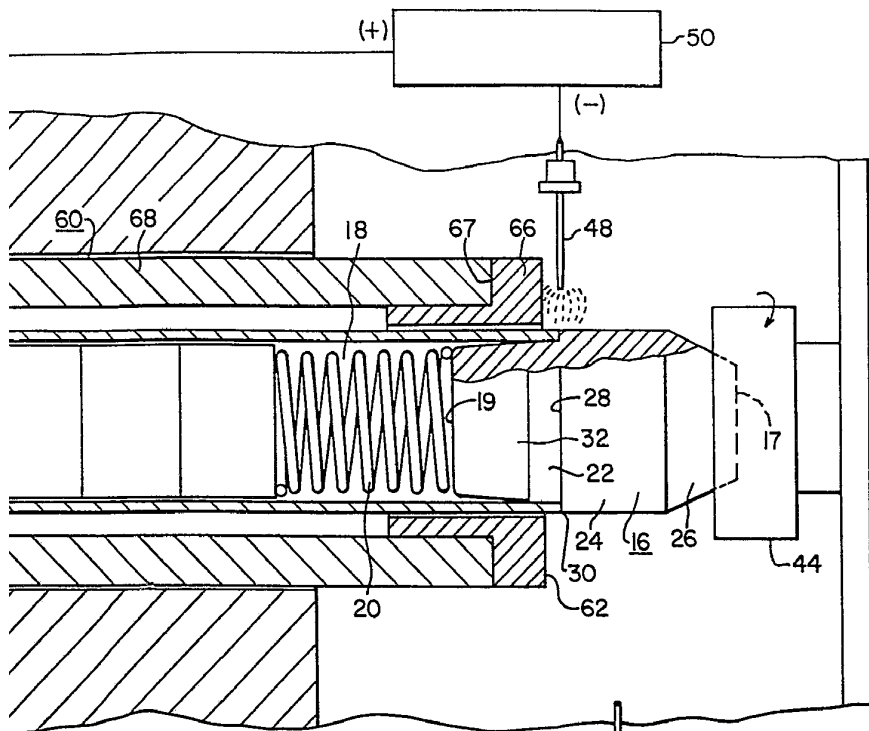


FIG. 1.

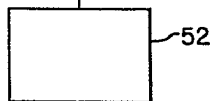


FIG. 2.

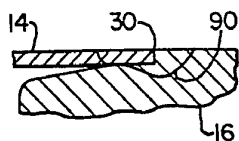
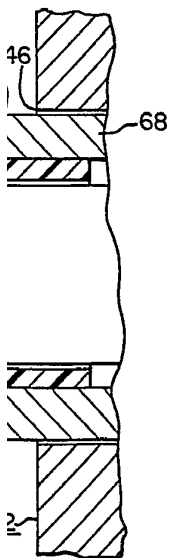
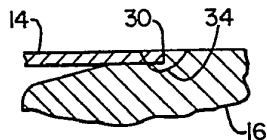


FIG. 3.



Alberto de Elizaburu  
Per. F. 1972