

REPUBLICA ARGENTINA  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA



INFORME N.º 104

Una Máquina Automática de Soldar para Sellar  
Elementos Combustibles Cilíndricos

por

Oscar Wortman



BUENOS AIRES  
1964



---

UNA MAQUINA AUTOMATICA DE SOLDAR PARA SELLAR  
ELEMENTOS COMBUSTIBLES CILINDRICOS

Oscar Wortman

RESUMEN

Se describe en detalle un equipo diseñado y construido para soldar tapas a elementos combustibles cilíndricos con vaina de aluminio.

En este aparato se han automatizado todas las operaciones de soldadura a fin de lograr reproducibilidad y estanqueidad en el recipiente soldado.

Se muestran detalles y características de las soldaduras obtenidas.

INTRODUCCION

El cierre de elementos combustibles para reactores nucleares presenta problemas técnicos de importancia.

El sellado debe ser estanco, libre de tensiones residuales, resistente a la corrosión y poseer buenas propiedades mecánicas.

Un factor importante a tener en cuenta es la reproducibilidad en los resultados del método a utilizar.

El proceso deberá ser en lo posible automático de manera de disminuir al máximo el factor humano.

El equipo a describir es utilizado en el sellado de elementos combustibles de simetría cilíndrica por el método de soldar bajo gas inerte con electrodo de W.

Las variables que entran en el proceso, para un determinado diseño de junta son las siguientes:

Velocidad a la que se suelda

Intensidad de corriente

Tensión

Flujo de gas inerte

---

Mientras transcurre la operación es necesario programar, según un cierto orden, la variación de las magnitudes anteriormente mencionadas.

Por ejemplo, si se mantienen constantes la velocidad y la intensidad de corriente mientras se suelda, el metal fundirá más de lo necesario pues ganará calor por conducción en forma creciente.

Por otra parte, si al finalizar la soldadura se corta bruscamente el arco en momento en que el valor de la intensidad de corriente es máxima, se produce un cráter. Este cráter, como toda discontinuidad, es perjudicial pues es un lugar en el que usualmente se producen fisuras. En estas fisuras puede producirse un fenómeno de corrosión localizada (crevice corrosion).

#### DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo (fig.1) está compuesto por cuatro partes fundamentales que se describirán en detalle.

1. Fuente de Poder
2. Posicionador
3. Panel de Secuencia
4. Eliminador de Cráter

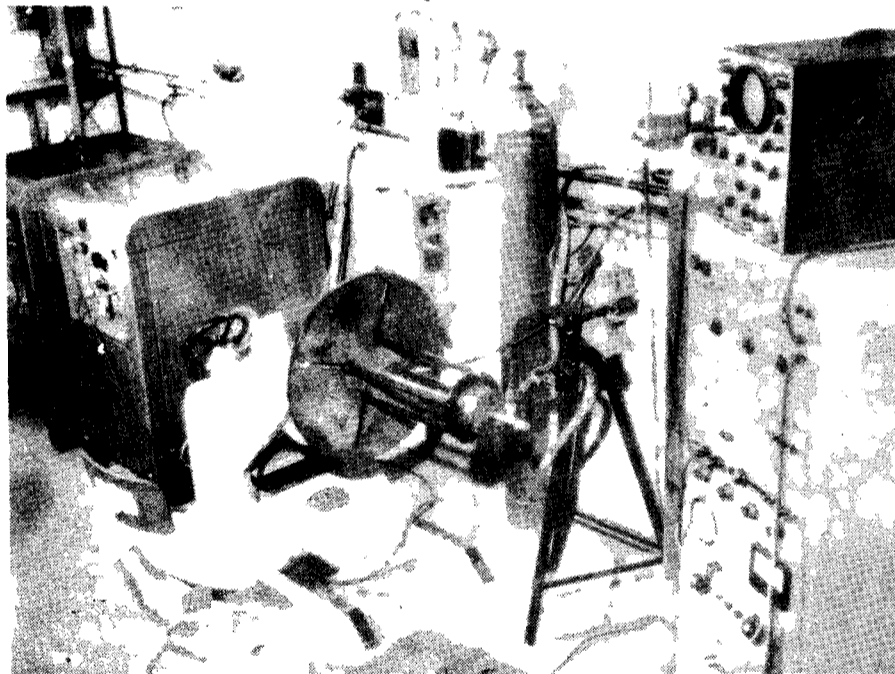


Fig.1 - Aspecto general del equipo de soldadura.

### 1. Fuente de Poder.

Se utiliza un generador de soldadura convencional tipo transformador rectificador con amplificador magnético.

### 2. Posicionador.

Es accionado por un motor paralelo de corriente continua y de velocidad regulable por medio de un reactor saturado.

A los efectos de automatizar la variación de velocidad en 5 etapas sucesivas se han introducido en el equipo original ciertas modificaciones que pasamos a detallar (fig.2).

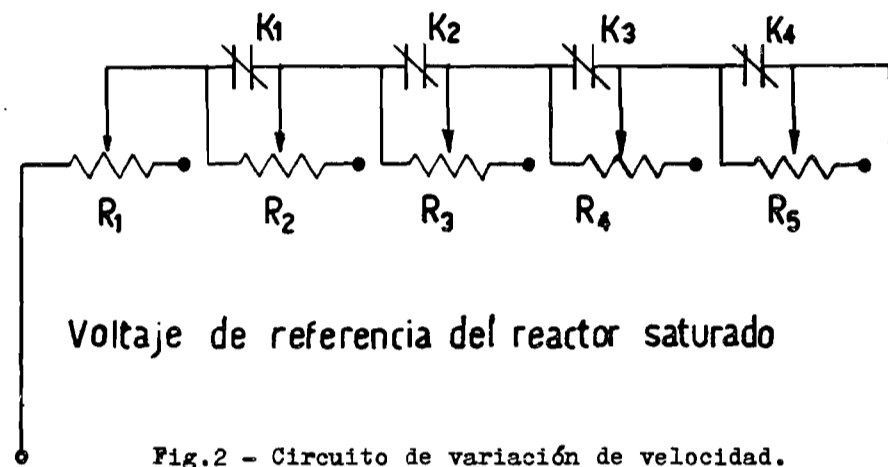


Fig.2 - Circuito de variación de velocidad.

El circuito de corriente continua del reactor saturado se establece a través de 4 relays, los cuales son operados por microinterruptores colocados en el posicionador.

A medida que los contactos  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  y  $K_4$  normalmente cerrados se van abriendo, cambia el voltaje de referencia del reactor saturado aumentando la velocidad del posicionador.

El circuito de comando de los relays se muestra en la figura 3.

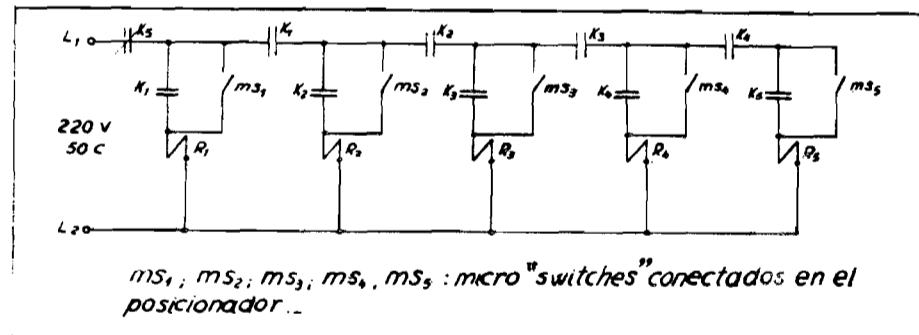


Fig.3 - Circuito de comando del variador de velocidad.

Como se puede observar en la figura 3 los relays  $R_1, R_2, R_3, R_4$  y  $R_5$  deben ser accionados en orden sucesivo lo que permite, variando la posición relativa de las llaves en el posicionador, conseguir distintas combinaciones, velocidad angular versus grados de rotación. En la figura 4 se muestra una combinación típica.

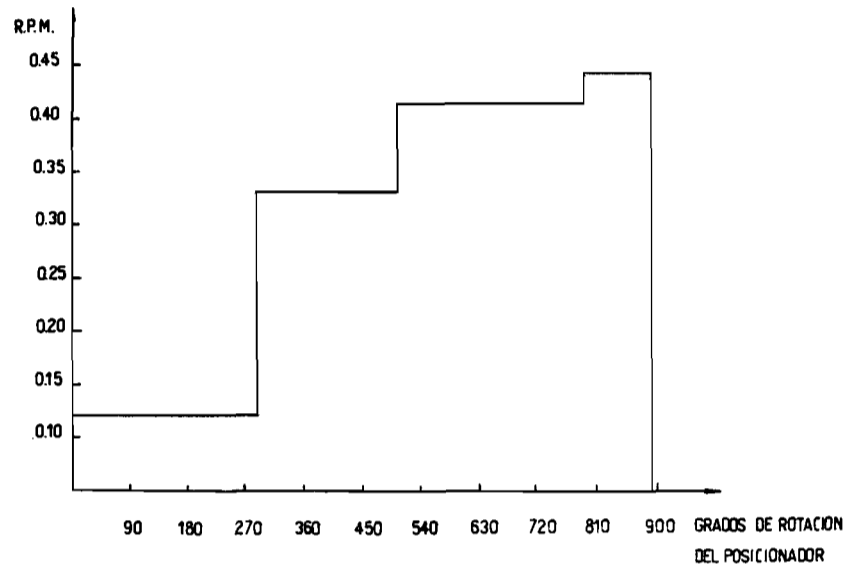


Fig. 4 - Diagrama de velocidad angular.

El objeto de aumentar la velocidad angular a medida que se completa la soldadura es evitar la fusión excesiva del metal. En efecto, la corriente durante todo el proceso se mantiene constante hasta  $30^\circ$  antes de finalizar la operación, punto en que comienza a actuar el eliminador de cráter.

Si mantuviéramos la velocidad constante a medida que se va calentando la pieza, la cantidad de metal fundido aumentaría produciendo un cordón desigual.

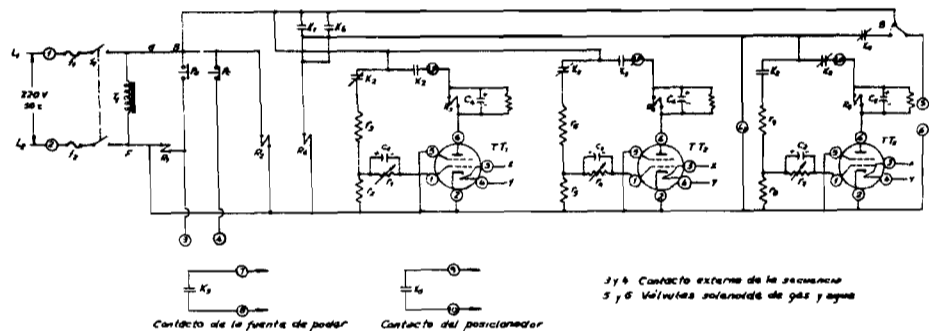
La solución adoptada consiste en incrementar la velocidad angular según una cierta función que dependerá de la geometría de la pieza a soldar.

### 3. Panel de Secuencia. (Fig.5)

La secuencia utilizada es la siguiente:

- a) La válvula solenoide de gas abre, purgando el conducto de argón. El período de purga se puede variar con el relé  $R_1$  entre 0 y 18 segundos.

- b) Simultáneamente con la válvula de gas abre la válvula de refrigeración de la pistola.
- c) Luego del período de purga, el relai 2 acciona la llave de contacto de la fuente de poder estableciendo el arco por medio del oscilador de alta frecuencia.
- d) El relai 3 acciona la llave de contacto del posicionador luego de un período que se puede hacer variar entre 0 y 12 segundos por medio del reóstato  $R_2$ .  
El objeto de este retardo es permitir que el metal fundado antes de comenzar la rotación.
- e) Al terminar la operación el contacto  $K$  normalmente cerrado, accionado por el posicionador, abre el circuito entre los puntos 5 y 6 llevando la secuencia nuevamente al estado inicial.
- f) La válvula de gas permanece abierta por un período variable entre 0 y 12 segundos.



#### 4. Eliminador de Cráter.

Si al terminar el cordón de soldadura se interrumpe el arco, en el punto de interrupción se produce un cráter producto de la contracción del material fundido.

La técnica corrientemente utilizada para eliminar el cráter consiste en alimentar la contracción del metal disminuyendo gradualmente la energía entregada por el arco hasta llegar a cero.

El principio de funcionamiento del eliminador de cráter diseñado se basa en hacer actuar un reóstato por medio de un motor alimentado por pulsos "on-off" de duración variable.

Este reóstato comanda el amplificador magnético del generador disminuyendo gradualmente la corriente de soldadura.

El circuito generador de pulsos se muestra en la figura 6. Es un "timer" rítmico cuyo período de oscilación puede variarse por medio de los capacitores y reóstato  $R_2$ .

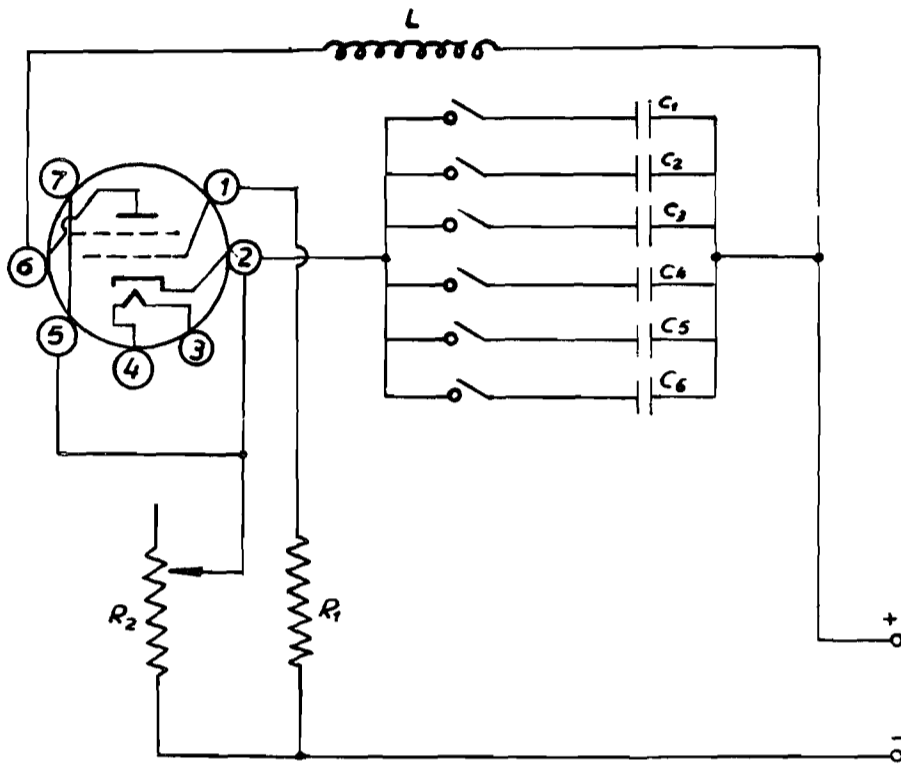


Fig.6 - Circuito del "timer" rítmico.

En la figura 7 se muestran dos curvas típicas de decaimiento de la corriente.

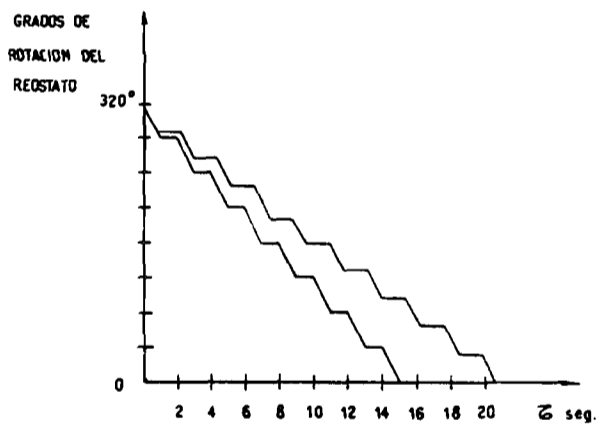


Fig.7 - Curvas de decaimiento de la corriente.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura 8 se muestra un esquema del diseño de cierre de un elemento combustible cilíndrico (RA-1 2a. carga) que ha sido soldado exitosamente con la máquina anteriormente descrita. El material del tubo y de la tapa es aluminio 1100.

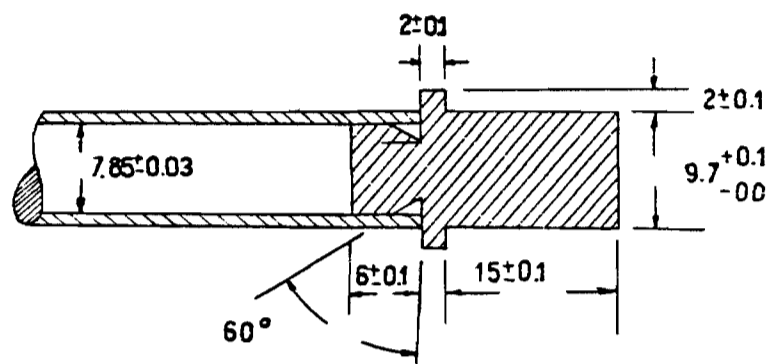


Fig.8 - Diseño de junta utilizado para el elemento combustible RA-1, 2a. carga.



Fig.9 - Aspecto macrográfico de la soldadura.

En la figura 9 se observa el aspecto macrográfico de la soldadura obtenida.

En los ensayos de tracción realizados la carga de rotura es de 5 Kgs/mm<sup>2</sup> y la rotura se produce siempre fuera de la soldadura.

Las condiciones de soldadura se resumen en el cuadro I y figura 10.

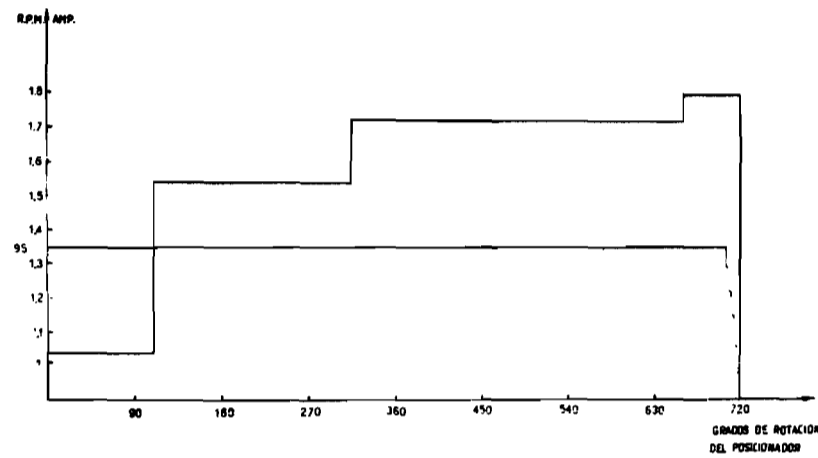


Fig.10 - Diagrama de corriente y velocidad angular.

CUADRO I

Período de purga	: 15 seg.
Período de precalentamiento	: 8 seg.
Caudal de argón	: 14 litros/minuto
Tensión a circuito abierto	: 80 volts
Proyección del electrodo	: 6 mm
Longitud del arco	: 1,5 mm

Agradecemos al Dr. Cecil Stone del Argonne National Laboratory su asesoramiento en el diseño del panel de secuencia.

## BIBLIOGRAFIA

1. ORTON L.H. and NEEDHAM S.C.: Some Electrical Aspects of Inert Gas Shilded Arc Welding. British Welding Journal , October 1955.
  2. BATTEN G.H.: Power Sources for Tungsten Arc Welding. British Welding Journal, September 1955.
  3. RYDER JOHN D.: Engineering Electronics with Industrial Applications and Control, Mc Graw Hill.
  4. VAGI J.J.: Studies of Methods for Sealing Ends of Reactor Fuel Rods. for P.W.R. The Welding Journal, October 1960.
  5. HANNERZ K., LINDBLOD R. and MAGNUSSEN A.W.: Investigations of some Aluminium Alloys as Cladding Materials in Water Cooled Reactor for District Heating and Process Steam Generation. Fuel Elements Fabrication, IAEA Viena 1960.
  6. CHUTE : Electronics in Industry Mc Graw Hill.
-

---