

321681

31 01



321681

P A T E N T E D E I N V E N C I Ó N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED - de nacionalidad norteamericana - domiciliada en 195, Broadway, NEW YORK (EE.UU.)

por:

"Método de soldadura supersónica".

-----:OO:-----

M e m o r i a d e s c r i p t i v a

Este invento se refiere a la unión ó soldadura supersónica de piezas de labor, una de las cuales se calienta antes de la aplicación de la energía vibratoria supersónica y durante la misma.

Las aplicaciones anteriores de unión supersónica, particularmente como útil de producción, han estado limitadas por las gran-



des variaciones y la escasa fuerza de la unión, incluso para uniones efectuadas con ajustes de control idénticos. La soldadura supersónica con calor se ha descrito en la práctica anterior, por ejemplo, en la patente US. 2.946.116, titulada "Método y aparato que emplean energía vibratoria para unir metales". Sin embargo, las publicaciones de la práctica anterior no enseñan ni exponen los márgenes específicos de temperatura a que se ha de calentar, y por ello han sido muy variables las propiedades de la unión ó soldadura obtenida.

De conformidad con el invento, un método de unir un primer cuerpo a otro comprende las fases de retener las zonas previstas de unión de ambos cuerpos en contacto recíproco durante la soldadura; mantener al menos la zona de unión del segundo cuerpo, durante la soldadura, a una temperatura superior a la de trabajo en caliente (como se define más adelante) del segundo cuerpo, pero inferior al punto de fusión de ambos cuerpos; y aplicar energía vibratoria supersónica a dichos cuerpos a fin de obtener una unión más resistente que el segundo cuerpo.

Para la finalidad de esta descripción, la temperatura de trabajo en caliente de un cuerpo se define como aquella por encima de la cual la deformación plástica del cuerpo no va acompañada de endurecimiento por deformación en frío; es decir, la recuperación corre parejas con la deformación. El endurecimiento por deformación se puede definir como un aumento de dureza y resistencia.

El método se puede emplear con ventaja para unir un conductor metálico a un cuerpo que comprende una película metálica sobre un substrato de vidrio, cerámica ó similar.

A continuación se describe una forma de realización del invento, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos anexos, en los cuales indican :

La figura 1, un esquema de un soldador supersónico y las

321681



piezas que han de unirse, con indicación del modo de aplicar calor por resistencia y/ó calor de gas a una de ellas;

Las figuras 2 y 3, histogramas que muestran la distribución de las frecuencias de resistencia de conductores de aluminio unidos a una película delgada de tantalio; la figura 2 muestra la distribución para uniones sin calor, y la figura 3, la distribución para uniones hechas de acuerdo con este invento;

La figura 4, una gráfica de la dureza con relación a la temperatura, de la zona de unión; y

La figura 5, una gráfica de carga y alargamiento para temperaturas baja T_A , intermedia T_B y elevada T_C .

Los distintos símbolos empleados en dichos gráficos tienen los siguientes significados :

- F : Frecuencia (número de uniones)
- 45° RC : Resistencia (gm) al cizallamiento a 45°
- DZU : Dureza de la zona de unión
- TZU (°C) : Temperatura de la zona de unión en °C
- SCE : Sin calor externo
- DO 17 : Dureza original 17
- E : Esfuerzo
- D : Deformación

El presente ejemplo se describirá con relación a la unión ó soldadura supersónica de un conductor ó alambre de aluminio -13- a una película delgada de tantalio -12- sublimado sobre un substrato de vidrio -11-. El conductor de aluminio -13- se calienta, antes de introducir energía vibratoria supersónica y durante su introducción, a una temperatura comprendida dentro de su margen de temperatura de trabajo en caliente, e inferior a la de fusión de cualquiera de las dos piezas. Se ha comprobado que así mejoran las propiedades finales de la soldadura.

321681

31 DI



Una de las piezas de labor debe calentarse a una temperatura que no provoque gran endurecimiento en la "porción" de ella sometida a deformación durante el ciclo de soldadura supersónica. Por consiguiente, la "porción" de la pieza que ha de calentarse es la

5 "zona de unión", ó sea la porción de la pieza de labor que en definitiva tiene que deformarse durante el citado ciclo. La "zona de unión" comprende la parte de la segunda pieza de labor -13- que se extiende desde la interficie de la punta de soldadura -27- y la segunda pieza -13- a la interficie de la segunda pieza de labor -13- con la primera

10 pieza de labor 11-12, y tambien la parte adyacente de la segunda pieza de labor que ha de deformarse en definitiva durante el ciclo de soldadura supersónica.

El "área de unión", a diferencia de la "zona de unión", es la que representa la superficie entre las piezas de labor primera y

15 segunda.

I. Procedimiento de unión supersónica con calor.
 =====

1. La primera pieza de labor empleada en el presente ejemplo es el substrato -11-, sobre el que se ha sublimado una delgada película de tantalio -12-. Esta pieza se coloca y sujeta de cualquier modo adecuado en la placa de base ó yunque -10-.

20

2. El conductor de aluminio -13- constituye la segunda pieza de labor, y se coloca debajo de la punta -27- de la bocina supersónica -26-, y su área de unión se coloca encima de la prevista para la

25 primera pieza de labor 11-12.

3. Mediante la bocina -26- de soldadura supersónica se aplica una fuerza suficiente para retener el conductor de aluminio en contacto con la película delgada -12- al transmitir la energía vibratoria supersónica desde la bocina -26- a las piezas. Esta fuerza de

30 retención se aplica en dirección perpendicular a la superficie entre



el conductor de aluminio -13- y la película delgada -12-.

4. Al menos la zona de unión del conductor de aluminio -13- se calienta a una temperatura que no provoca endurecimiento durante el proceso de deformación.

5 Se puede calentar empleando cualquier medio ó método conocido en el ramo. Por ejemplo, es posible calentar por resistencia aplicando un primer conductor -31- a la pieza de labor -13- y un segundo conductor al soldador supersónico -26-. Los dos conductores -31- y -32- se conectan de modo adecuado, por ejemplo, con conexiones amovibles y reemplazables, como pinzas de cocodrilo. Entonces se hace circular corriente de un generador por el conductor -32-, el soldador supersónico -26-, su punta -27-, la interficie de ésta con la segunda pieza de labor -13-, y esta misma pieza, al conductor -31-, para volver al generador. Es evidente que el uso experimental con pares termoeléctricos ayudará a determinar la magnitud de corriente y el lapso de precalentamiento requeridos para elevar la zona de unión al margen de temperaturas de trabajo en caliente. Por tanto, una vez determinados estos parámetros para una clase particular de pieza de labor, no será necesario revisar continuamente la temperatura al emplear este aparato para la producción en serie de soldaduras supersónicas.

Tambien sirven otros métodos para calentar la zona de unión, como el de calor de gas. En la figura 1 se expone en esquema una tobera cilíndrica -50-, para dirigir a la zona de unión gas conducido a través de un pistolete de calefacción por resistencia. El caudal de gas se puede regular, y tambien ajustar su temperatura variando la potencia eléctrica del pistolete para una determinada velocidad de paso. Si puede producirse oxidación de una de las piezas de trabajo, se procurará reducirla al mínimo empleando un gas inerte, como argón.

30 Si se quiere, pueden utilizarse otros métodos de calefacción,



por ejemplo, calor infrarrojo, calor combinado de resistencia y gas, etc., siempre que la zona de unión se eleve al margen de la temperatura de trabajo en caliente, sin llegar a la de fusión de cualquiera de las dos piezas.

5 5. Una vez elevada la zona de unión de la segunda pieza de labor -13- a la temperatura de trabajo en caliente, puede aplicarse energía supersónica a la bocina -26- y a la punta -27- desde su generador, por los conductores -23- y -24-, a través del traductor -25-. El soldador supersónico y su circuito se representan en esquema, pues

10 tales elementos son bien conocidos en el ramo. La energía vibratoria supersónica que aparece en la punta -27- se aplica en cantidad suficiente para unir las dos piezas de trabajo -13- y 11-12, y en una dirección perpendicular a la fuerza de retención de las mismas. Se apreciará que la energía supersónica se introduce y aplica mientras

15 continúa a la vez el suministro de calor para mantener el conductor de aluminio -13- en el margen de temperaturas de trabajo en caliente. Si se quiere, puede utilizarse un interruptor horario para asegurarse de que las piezas de trabajo están bien calentadas antes de introducir la energía vibratoria supersónica.

20 6. Después de un lapso suficiente para unir las dos piezas, se abre un interruptor, y termina el suministro de energía supersónica. En algunos casos, puede terminar al mismo tiempo el calentamiento de la zona de unión; pero si se quiere, es posible dejar que continúe, para un posible recocido. Con un interruptor horario se

25 puede regular el orden de iniciar y detener la aplicación de calor y de energía supersónica.

II. Temperatura de trabajo en caliente y sus límites.

30 Como se ve en la figura 5, para un determinado ritmo de carga, el esfuerzo requerido a fin de obtener una deformación dada será



mayor a temperaturas más bajas. La curva de esfuerzo y deformación se puede considerar como la resultante de las tendencias al endurecimiento que acompañan al retroceso y la reducción de dureza por recuperación. A temperaturas bajas (T_A), la recuperación es lenta, y grande por ello el endurecimiento producido para una deformación determinada. Al elevarse la temperatura (T_B), la recuperación se produce con una rapidez cada vez más aproximada a la de endurecimiento por deformación en frío. Cuando se alcanza la temperatura a la que las dos relaciones son iguales la curva de esfuerzo y deformación se hace horizontal (T_C). Por consiguiente, la deformación puede continuar sin límite, porque se ha llegado a una situación en la que los procesos de recuperación se acompañan con la deformación; y se llama "temperatura de trabajo en caliente" aquella en que esto ocurre. Sin embargo, esta temperatura no es constante para cualquier pieza, del mismo modo que no lo son los puntos de fusión y ebullición de metales, sino que depende de la pureza química y los antecedentes de una pieza ó muestra determinada.

La deformación de una pieza de labor durante la soldadura supersónica, sin calentamiento externo, puede ser perjudicial, pues dicha pieza absorbe energía en forma de trabajo en frío. Este trabajo se produce a temperaturas inferiores a las que los procesos de recuperación son efectivos. La curva de esfuerzo y deformación T_A y T_B de la figura 5 asciende al aumentar la deformación, con el resultado de que ha de aplicarse una fuerza cada vez mayor, y de que la deformación se hace progresivamente más difícil. Es posible alcanzar el punto de fractura "X", y entonces se produce fractura en vez de continuar la deformación plástica. Por tanto, con frecuencia tiene un límite la deformación posible en frío, ya por ser limitada la fuerza disponible, ya por producirse cuarteo ó grietas.

Cada muestra tiene una temperatura mínima de trabajo en ca-



liente, a la cual se produce recuperación con deformación simultánea. Sin embargo, se desprende de lo dicho que existe una "temperatura de trabajo en caliente" dentro de un amplio margen, que en esta descripción se designa por "sector de temperaturas de trabajo en caliente".

5

III. Límite superior de temperatura

Otro factor que ha de tenerse en cuenta al calentar aluminio u otros materiales en el sector de trabajo en caliente es la temperatura máxima. Determinan el límite superior de temperatura los factores siguientes :

10

1. El punto de fusión del conductor de aluminio.

a) Como el esfuerzo requerido para producir una deformación dada es insignificante en el punto de fusión ó por encima del mismo, la punta de soldadura pasará literalmente a través del aluminio fundido, y destruirá parcial ó totalmente la conexión al sustrato de película delgada de tantalio; y

15

b) Cuando se funde el conductor de aluminio, puede adoptar una forma inadecuada para el objeto perseguido, que es un conductor de escasa resistencia.

20

2. Una temperatura que produzca distorsión inadmisibles del sustrato de vidrio, ó que deteriore la película delgada.

3. Una temperatura por encima de la cual disminuya la solidez requerida del conductor de aluminio, por deformación excesiva durante la unión ó soldadura.

25

IV. Ventajas

He aquí algunas de las ventajas de la soldadura supersónica de aluminio a una película delgada de tantalio, calentando el aluminio dentro del sector de temperaturas de trabajo en caliente, antes del ciclo de soldadura supersónica y durante ella;

30



- 1) La energía supersónica necesaria para unir un conductor de aluminio a tantalio disminuye cuando este conductor se calienta dentro del sector de temperaturas de trabajo en caliente antes del ciclo de soldadura supersónica y durante el mismo.
- 5 2) Con el conductor de aluminio dentro del sector de temperaturas de trabajo en caliente, la cantidad de energía transmitida al sustrato (vidrio) de película delgada de tantalio disminuye considerablemente. Como el conductor de aluminio se halla en un estado plástico, se necesita menos energía supersónica para soldar, y como
10 el conductor está más blando, se transmite menos energía al sustrato. Siendo menor la energía requerida para soldar, habrá menos para deteriorar el sustrato.
- 3) El aumento de la resistividad eléctrica del aluminio cerca de la zona de unión se reduce al mínimo cuando el aluminio está
15 en el sector de temperaturas de trabajo en caliente, pues apenas hay trabajo en frío del conductor de aluminio.
- 4) Puede ser mayor la zona de contacto entre el aluminio y el sustrato con película delgada de tantalio, lo cual aumenta la solidez mecánica de la unión y reduce la resistencia eléctrica en la
20 zona de contacto.
- 5) El área prevista de unión está a temperaturas elevadas inmediatamente antes de la soldadura y durante toda ella, con lo que disminuyen las impurezas volátiles en la interficie de unión prevista.
- 6) Se reduce al mínimo la recuperación elástica después de
25 soldar, pues el aluminio se halla en un estado muy plástico durante la soldadura supersónica. Es decir, la porción lineal izquierda de la curva de la figura 5 es la "región elástica", donde rige la ley de Hooke. Si una parte de la zona de unión estuviese en la "región elástica", se produciría en parte un "salto atrás" de la sección
30 elásticamente deformada, lo que afectaría a la unión en sentido adverso.

321681



7) Se reduce al mínimo la posibilidad de imperfecciones nucleógenas (microcracking) en el substrato (vidrio) de película delgada y en el conductor de aluminio.

V. Datos experimentales

5

Las investigaciones respecto a soldadura supersónica sin calor de aluminio a substratos con película delgada de tantalio, han dado por resultado uniones poco sólidas y no reproducibles, acompañadas generalmente de imperfecciones (fractura del vidrio) que forman núcleo en el substrato de película delgada. La figura 2 es un histograma de resultados experimentales, y muestra la distribución de las resistencias al cizallamiento a 45° de un alambre de aluminio de 0,4 mm unido a películas delgadas de tantalio. Todas las uniones se hicieron empleando parámetros óptimos de potencia ó energía soldadora supersónica, tiempo de soldadura, fuerza de sujeción, etc., y en condiciones óptimas idénticas de potencia, tiempo y sujeción para soldar aluminio a películas delgadas de tantalio; pero, como se ve en la figura 2, la distribución de resistencias fluctúa entre 0 y 500 g para 50 uniones ensayadas.

10

15

20

Al calentar la zona de unión a una temperatura del sector de las de trabajo en caliente del conductor de aluminio, pero inferior a la de fusión de cualquiera de las piezas, antes de aplicar energía supersónica y durante su aplicación, mejoró notablemente la solidez de la unión, como muestra el histograma de la figura 3. En este caso, la zona de unión se calentó a unos 400 °C, y, como se aprecia en la figura 3, 97 de 100 muestras fallaron entre 4000 y 5000 g en un ensayo de resistencia al cizallamiento a 45°.

25

30

Se efectuaron otros experimentos para hallar la relación entre la temperatura del conductor de aluminio y la solidez de unión, y los resultados se resumen en la tabla I adjunta. En esos experimen-



tos, se introdujo un par termoelectrico de cromelalumel (0'12 mm) en un taladro de un conductor de aluminio de 1'2 mm en la zona de unión. El conductor, con el par termoelectrico, se puso luego entre la punta de soldadura -27- y el substrato 11-12 de película delgada de tantalio. Calentada por resistencia la zona de unión del conductor de aluminio -13- durante cuatro segundos, se unió supersónicamente al substrato, y el calor se mantuvo durante todo el ciclo de soldadura. Todos los parámetros de ésta permanecieron constantes durante el experimento, y la temperatura alcanzada en el curso del ciclo se inscribió en un registrador potenciométrico. El experimento se repitió tres veces, y los resultados combinados aparecen en la tabla I. Esta tabla indica que cuando la zona de soldadura se calentó a temperatura comprendida en el sector de las de trabajo en caliente, ó sea a unos 365 °C y más, la solidez de la unión sobrepasó la del conductor de aluminio.

321681

31 DIC. 1951



T A B L A I

Temperatura de la zona de unión de aluminio (Al) en relación con características de la soldadura

	Temperatura de la zona de unión (°C)	Solidez de la unión	Descripción de la zona de unión	
5	28 (sin calor externo)	Insignificante	Sin signos visibles de deformación de Al	
	35 (sin calor externo)	"	"	
	63	"	Signos muy ligeros de deformación de Al	
10	64	"	"	
	70	"	"	
	85	"	Signos ligeros de deformación de Al	
	88	"	"	
	127	"	"	
15	134	"	"	
	137	"	"	
	192	"	"	
	202	"	"	
	282	"	Signos más visibles de deformación de Al, con fractura del vidrio del sustrato	
	305	"	"	
20	367	Soldadura > solidez del conductor de Al	Al fácilmente deformado	
	391	"	"	
	430	"	"	
	443	"	"	
	466	"	"	
	508	"	"	
	25			

30 "Insignificante" - El conductor de aluminio se desprendió antes del montaje para ensayo de cizallamiento a 45°, ó durante el mismo.

321681

81 DIC.



Se realizaron otros experimentos para hallar la relación entre la temperatura y la dureza del aluminio en la zona de unión. Es decir, dado que el trabajo en caliente se define como deformación plástica de un metal a temperatura y ritmo tales que no se produce endurecimiento por deformación en frío, sería de esperar que la soldadura supersónica de aluminio en el sector de trabajo en caliente no aumentara la dureza final del aluminio deformado. Empleando un sistema constante de parámetros de soldadura supersónica, se soldaron por ultrasonidos conductores de aluminio de 0.88 mm a substratos de película delgada de tantalio, a diferentes temperaturas. Luego se separaron los conductores del substrato por inmersión en ácido fluorhídrico. Se tomaron a continuación valores de dureza en la zona de unión de los conductores de aluminio supersónicamente deformados, empleando un esclerómetro de Tukon. Los resultados de esos ensayos se exponen en la gráfica de la figura 4, donde se aprecia que cuando un conductor de aluminio se calienta dentro de su sector de temperaturas de trabajo en caliente, su dureza es igual a la del aluminio original.

De los diversos experimentos reseñados se desprende, pues, que calentando la zona de unión del conductor de aluminio a más de 365 °C, se ha obtenido una solidez de unión superior a la del conductor. Aunque la temperatura de trabajo en caliente depende de los antecedentes del material y del índice de deformación, es evidente que se obtuvieron resultados ventajosos al calentar la zona de unión dentro de este sector de temperaturas de trabajo en caliente. Además, los datos de dureza anotados en la figura 4 y mencionados antes, demuestran que el aluminio se endurece bastante en el curso de la soldadura supersónica, hasta que se obtienen temperaturas superiores a 365 °C.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente :



1. - Método de soldadura supersónica, para unir un primer cuerpo a otro, el cual comprende las fases de mantener las áreas de unión de ambos cuerpos en contacto recíproco durante la soldadura; mantener al menos el área de unión del segundo cuerpo, durante la soldadura, a una temperatura superior a la de trabajo en caliente (según queda definida), pero inferior a la temperatura de fusión de cualquiera de ambos cuerpos; y aplicar energía vibratoria supersónica a los dos cuerpos, a fin de producir una unión de resistencia mayor que la resistencia del segundo cuerpo.

10 2. - Método según la reivindicación 1, en el que el segundo cuerpo se mantiene a dicha temperatura haciendo pasar por el mismo una corriente eléctrica.

15 3. - Método según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el primer cuerpo comprende una película metálica sobre un sustrato, y el segundo es un conductor metálico.

4. - Método según la reivindicación 3, en el que el sustrato es de vidrio ó de cerámica.

20 5. - Método según las reivindicaciones 4 ó 5, en el que la película metálica comprende un delgado estrato de tantalio, y el conductor es un cable de aluminio.

6. - Método según la reivindicación 5, en el que la temperatura de trabajo en caliente es de 365 °C.

25 7. - Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la energía supersónica se aplica por medio de una punta de soldadura.

8. - Método según la reivindicación 7, en el que las áreas de unión se mantienen en contacto aplicando una fuerza de retención a la punta de ligadura.

30 9. - Método según la reivindicación 8, en el que la energía supersónica se aplica en una dirección perpendicular a la de la fuer-

321681



za de retención.

10. - Método de soldadura supersónica.

Esta memoria consta de quince páginas, escritas por una sola
cara.

BARCELONA, 31 DIC. 1965,

P. A.



321681

FIG. 1.

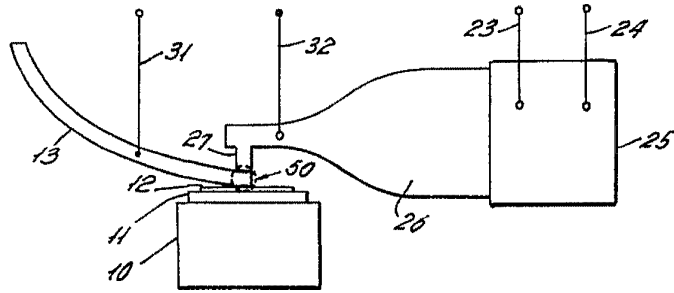


FIG. 2.

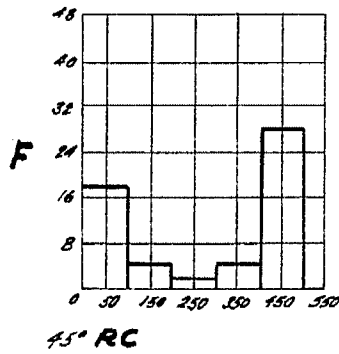


FIG. 3.

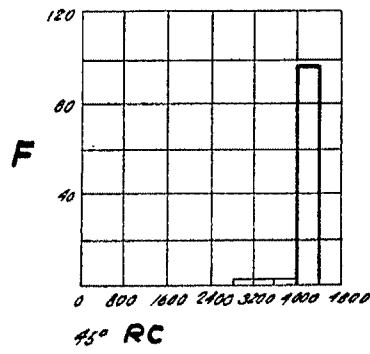


FIG. 4.

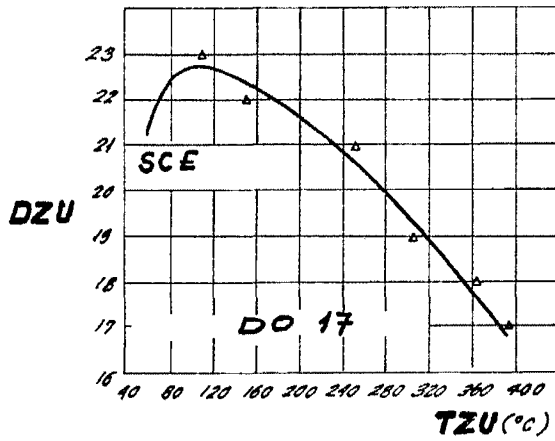
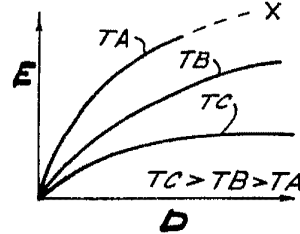


FIG. 5.



Handwritten scribbles and the word 'Pilk'.