

344740

COUCOULAS, A. - Caso 2.



344740

CERTIFICADO DE ADICIÓN

a favor de

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

por :

"Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal número 321.681 por: "Método de soldadura supersónica".

-----OO-----

Memoria descriptiva.

Este invento se refiere a unos perfeccionamientos introducidos en el objeto de la Patente principal n° 321.681 por: "Método de soldadura supersónica", que establecen unas modificaciones de mejora en dicho método.



Según la Patente principal, un método para unir un primer cuerpo a otro, comprende las fases de retener las zonas por donde se han de unir ambos en mutuo contacto durante la soldadura; mantener por lo menos la región de unión (según se define luego) del segundo cuerpo, durante la soldadura, a una temperatura comprendida en las de margen de trabajo en caliente (según se define luego), y debajo del punto de fusión del cuerpo que lo tenga menor; y aplicar energía vibratoria supersónica a los dos cuerpos a fin de obtener una soldadura más resistente que el segundo cuerpo.

El invento contenido en la Patente principal n° 321.681 se describe específicamente con ayuda de un ejemplo aplicado a la soldadura de un conductor ó alambre de aluminio a una película delgada de tantalio sublimada sobre un substrato. En el ejemplo específico, el conductor ó alambre de aluminio constituye el precitado "segundo cuerpo", y la película de tantalio y el substrato forman el "primer cuerpo" aludido.

La expresión "temperatura de trabajo en caliente de un cuerpo" se define en la exposición de la Patente principal, y también en este Certificado, como el margen de temperatura dentro del cual la deformación plástica del cuerpo no va acompañada de un endurecimiento importante. En otras palabras, la recuperación se mantiene esencialmente a nivel de la deformación. El endurecimiento citado se puede definir como un aumento de dureza y resistencia a causa de la deformación plástica.

Según este invento, un método para unir un primer cuerpo a un segundo cuerpo de cobre comprende las fases de retener las zonas previstas de unión de los cuerpos en mutuo contacto durante la soldadura, manteniendo al menos la región de unión (como se define luego) del segundo cuerpo, durante la soldadura, a una temperatura comprendida dentro del margen de las de trabajo en caliente (como se define luego)



del segundo cuerpo, y debajo del punto de fusión del cuerpo que lo
tenga menor; y aplicar energía vibratoria supersónica a dichos cuer-
pos, a fin de obtener una soldadura más resistente que el segundo
cuerpo. Los ensayos han revelado que haciendo el segundo cuerpo de
5 cobre se obtienen resultados particularmente ventajosos. El método
se puede emplear ventajosamente para unir un conductor de cobre a un
cuerpo compuesto de una película de metal sobre un substrato, por
ejemplo, de vidrio ó de cerámica.

La "región de unión", como aquí se define, es la porción del
10 segundo cuerpo que en definitiva se ha de deformar durante el ciclo
de soldadura supersónica. La "zona de unión", en cambio, representa
la interficie entre los cuerpos primero y segundo.

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

La figura 1, un esquema de un soldador supersónico y las pie-
zas que han de unirse, y de cómo puede aplicarse calor a una de ellas
mediante una resistencia y/ó por gas;

La figura 2 una gráfica de carga y alargamiento para temperatu-
20 ras bajas, intermedias y elevadas T_A ; T_B , T_C , respectivamente;

La figura 3 gráficas de resistencia a la tracción a 90° frente
a temperatura de soldadura para conductores de cobre soldados a pe-
lículas delgadas de Pd/Cu/NiCr/Ta₂N sobre substratos de alúmina no vi-
driados;

La figura 4 un histograma de la distribución de frecuencia/re-
25 sistencia de conductores de cobre soldados a una película delgada de
varias capas sobre un substrato de alúmina;

Las figuras 5 a 7, fotomicrografías de secciones de conductores
de cobre formando "bola", soldados a una película delgada depositada
30 sobre un substrato de alúmina sin vidriar.



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

E : Esfuerzo.

D : Deformación.

5 TZU(°C) : Temperatura de la zona de unión en °C

90°RT : Resistencia (gm) a la tracción a 90°

F : Frecuencia.

En la figura 1 se expone un conductor ó alambre de cobre -13- que se ha de adherir a una película delgada -12- de tantalio, sublimada sobre un substrato de vidrio -11-. El conductor de cobre -13- se calienta, antes de aplicar energía vibratoria supersónica y al aplicarla, a una temperatura comprendida en el margen de las de trabajo en caliente, e inferior a la de fusión de una de las piezas de trabajo. Se ha comprobado que esto mejora las propiedades finales de soldadura ó adherencia.

La "región de unión" comprende la parte de la segunda pieza de trabajo -13- que se extiende desde la interficie de la punta de soldadura -27- con la segunda pieza de trabajo -13- y la interficie de ésta con la primera pieza de trabajo -11-12-, así como la parte de la segunda pieza adyacente que ha de deformarse también por último durante el ciclo de soldadura supersónica.

I. - PROCEDIMIENTO DE UNIÓN SUPERSÓNICA CON CALOR.

=====

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

2. El conductor de cobre -13- constituye la segunda pieza de labor. Se coloca debajo de la punta -27- de la bocina de soldadura supersónica -26-, y su área de unión se coloca encima de la zona res-



pectiva de la primera pieza de labor -11-12-.

3. Mediante la bocina -26- de soldadura supersónica, se aplica una fuerza suficiente para mantener el conductor de cobre -13- en contacto con la película delgada -12- cuando se transmite energía vibratoria supersónica desde la bocina -26- a las piezas de labor. Esta fuerza se aplica en dirección perpendicular a la interficie entre el conductor de cobre -13- y la película delgada -12-.

4. Al menos la región de unión del conductor de cobre -13- se calienta a una temperatura que no ocasiona apreciable endurecimiento durante el proceso de deformación.

Se puede calentar por cualquier método ó medio 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 a la bocina supersónica -26-. Los dos conductores -31- y -32- se conectan de un modo adecuado, por ejemplo, con conexiones amovibles y reemplazables, como pinzas de presión. Entonces se hace circular corriente de un generador, por el conductor -32-, el soldador supersónico -26-, punta -27-, la interficie de esta punta 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 tiempo de precalentamiento requeridos para elevar la región de unión al margen de temperatura de trabajo en caliente. Por tanto, una vez determinados estos parámetros para una clase particular de pieza de labor, no será necesario comprobar continuamente la temperatura al emplearse este aparato para la producción en serie de soldaduras supersónicas.

Tambien pueden emplearse otros métodos para calentar la región de unión, como el de calor de gas. En la figura 1 se expone en esquema una tobera cilíndrica -50- para dirigir a la región de unión



el gas conducido a través de un pistolete de calefacción por resistencia. El caudal de gas es regulable, y su temperatura puede ajustarse variando la potencia eléctrica del pistolete para una determinada velocidad de paso.

5 Si se desea, la tobera -50- puede suministrar un gas inerte ó reductor. Para este fin puede utilizarse hidrógeno ó gas naciente (90 % de nitrógeno, 10 % de hidrógeno). Esta atmósfera ofrece varias ventajas posibles durante la soldadura, sobre todo un descenso del potencial de oxidación en las interficies, y una reducción efectiva
10 de óxidos de superficie en la región de unión. Una atmósfera inerte, como la de argón, sería también útil para eliminar óxidos, pues altera el equilibrio de la presión parcial de oxígeno en la superficie, y tiende así a descomponer aquéllos. Otra ventaja de estas atmósferas especiales puede ser que, al contribuir a exponer superficies
15 nacientes de metal, aumentan la velocidad de termofluencia y facilitan la deformación (Sweetland y otros, "Effect of Surface Condition on Creep of Some Commercial Metals", J. of Appl. Mech, marzo 1953/20). La atmósfera especial puede ser calentada ó no, y actuar como fuente de calor.

20 Si así se desea, pueden usarse otros métodos de calentamiento, como calor infrarrojo, ó una combinación de calor por resistencia y de gas, etc., siempre que la región de unión se caliente dentro del margen de temperaturas de trabajo en caliente, pero sin llegar a la de fusión de una de las piezas de labor.

25 5. Cuando la región de unión de la segunda pieza -13- se precalienta dentro de su margen de temperaturas de trabajo en caliente, la energía supersónica se puede aplicar a la bocina -26- y a la punta -27- desde su generador por los conductores -23- y -24-, a través del transductor -25-. El soldador supersónico y su circuito se han
30 representado en esquema, ya que tales elementos son conocidos en el



ramo. La energía vibratoria supersónica procedente de la punta -27- se aplica con suficiente intensidad para unir las piezas de trabajo -13- y -11-12-, y en una dirección perpendicular a la fuerza de retención de las mismas. Debe advertirse que la energía supersónica se introduce y aplica sin dejar de suministrar calor para mantener el conductor de cobre -13- dentro de la temperatura de trabajo en caliente. Si se quiere, puede emplearse un temporizador para asegurarse de que las piezas se han calentado bien antes de introducir la energía vibratoria supersónica.

6. Después de un lapso suficiente para unir las piezas, se abre un interruptor, y termina el suministro de energía supersónica. En algunos casos, puede dejarse de calentar a la vez la región de unión; pero puede continuarse calentando con fines de posible recocido. La iniciación, mantenimiento y detención del calor y de energía supersónica se pueden regular mediante un temporizador.

II. - TEMPERATURA DE TRABAJO EN CALIENTE Y SUS LÍMITES.

Como se indica en la figura 2, y para una determinada relación 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 resultante de las tendencias al endurecimiento que acompañan al retroceso y la reducción de dureza por recuperación. Ésta es lenta a bajas temperaturas (T_A), y por ello es grande el endurecimiento producido por una deformación determinada. Al elevarse la temperatura (T_B), la recuperación sobreviene con una rapidez tal que se aproxima cada vez más a la de endurecimiento por deformación en frío. Cuando se alcanza la temperatura en que las dos relaciones son iguales, la curva de esfuerzo/deformación se hace horizontal (T_C). Por consiguiente, la deformación puede continuar sin límites pues se llega a una situación en la cual los procesos de re-

344740



operación se acompañan con la deformación y la temperatura a la que esto ocurre se denomina de "trabajo en caliente". Sin embargo, esta temperatura no es constante para cualquier pieza, como no lo son tampoco los puntos de fusión y de ebullición de metales, sino que depende de la pureza química y los antecedentes de una pieza en particular.

La deformación de una pieza de labor durante su soldadura súper-sónica, sin calor externo, puede ser perjudicial, pues la pieza absorbe a veces energía en forma de trabajo en frío. Esto se produce a una temperatura inferior a aquélla en que los procesos de recuperación son efectivos. La curva de esfuerzo/deformación T_A y T_B de la figura 2 asciende al aumentar la deformación, por lo que es necesario emplear una fuerza progresivamente mayor, y la deformación se hace cada vez más difícil. Puede alcanzarse el punto de fractura X, y entonces se produce ésta, en vez de continuar la deformación plástica. Por consiguiente, a menudo la deformación posible en frío, tiene un límite por ser asimismo limitada la fuerza disponible, ó porque se produzcan cuarteos ó grietas.

Para cualquier muestra existe una temperatura mínima de trabajo en caliente, a la cual se produce recuperación con deformación simultánea. Sin embargo, de lo expuesto se desprende que existe una "temperatura de trabajo en caliente" dentro de un amplio margen de temperaturas, y esto se designa en la presente descripción como "sector de temperaturas de trabajo en caliente".

25 **III. - LÍMITE SUPERIOR DE TEMPERATURA.**
=====

Otro factor que ha de tenerse en cuenta al calentar cobre dentro del sector de trabajo en caliente es la temperatura máxima. Determinan este límite los siguientes factores :

1. El punto de fusión del conductor de cobre.
 - a.) - Como el esfuerzo requerido para lograr una deformación

344740



determinada es insignificante en el punto de fusión ó por encima del mismo, la punta de soldadura pasaría literalmente a través del cobre fundido, y destruiría parcial ó totalmente la conexión con el substrato de película delgada de tantalio.

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

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

10 3. Una temperatura por encima de la cual disminuya la resistencia requerida del conductor de cobre, a causa de excesiva deformación durante la soldadura.

IV. - VENTAJAS.

15 Algunas ventajas de la soldadura supersónica de cobre a una película delgada de tantalio, calentando el cobre a una temperatura comprendida en el sector de las de trabajo en caliente, antes del ciclo de soldadura supersónica ó durante el mismo, son las siguientes :

1. La energía supersónica de soldadura necesaria para unir un conductor de cobre a tantalio disminuye calentando el cobre a una temperatura incluida en el sector de las de trabajo en caliente antes del ciclo de soldadura supersónica ó durante el mismo.

2. Con el conductor de cobre dentro del sector de temperaturas de trabajo en caliente, la cantidad de energía transmitida al substrato(vidrio) de capa delgada de tantalio disminuye considerablemente. Como el conductor de cobre se halla en estado plástico, se necesita menos energía supersónica para soldar, y al estar aquél más blando, se transmite menos energía al substrato; y por necesitarse menos energía para unir, es menor la existente para deteriorar el substrato.

30 3. El aumento de la resistividad eléctrica del conductor de co-



bre cerca de la región de unión se reduce al mínimo cuando el cobre está dentro del sector de temperaturas de trabajo en caliente, pues apenas se somete dicho conductor a trabajo en frío.

5 4. Es mayor la zona de contacto entre el cobre y el sustrato de capa delgada de tantalio, lo cual aumenta la resistencia mecánica de la soldadura y reduce la resistencia eléctrica en esa zona de contacto.

10 5. La zona prevista de unión está a temperaturas altas justamente antes del proceso de soldadura y durante el mismo, lo cual disminuye las impurezas volátiles existentes en la interficie de unión.

4 15 6. Se reduce al mínimo la recuperación elástica después de soldar, porque el cobre se halla en un estado muy plástico durante la soldadura supersónica; es decir, la porción lineal izquierda en la curva de la figura 2 es la "región elástica", donde tiene validez la ley de Hooke. Si una parte de la región de unión estuviera en la "elástica", se retraería parcialmente la sección deformada por elasticidad, con perjuicio para la soldadura.

20 7. Se reduce el mínimo la posibilidad de defectos de agregación (microcuarteo) en el sustrato (vidrio) de película delgada y el conductor de cobre.

Se han efectuado ensayos para determinar la eficacia de soldar cobre con películas delgadas a temperaturas altas, y también el grado de recristalización.

25 Puede demostrarse teóricamente que es posible la recristalización en el lapso relativamente breve de un ciclo de soldadura; esto se logra mediante extrapolación de curvas de recristalización isotérmicas. Además, se han desarrollado ecuaciones de ritmo exponencial para recristalización de 50 % de cobre a 99,999 % reducido a 98 % (Decker y otros, AIME Trans. 1951/191: 548). Partiendo de estos datos, el tiempo de recocido en función de la temperatura se calculó

30



para cobre a 99,999% y cobre OFHC, como indica la tabla I.

T A B L A I

Efecto de la temperatura sobre el tiempo de recristalización (50%).

5	Temp. (°C)	Tiempo min. de recristalización (50%)	
		Cobre OFHC	Cobre a 99,999%
	25	$4,95 \times 10^3$	$1,74 \times 10^3$
	100	1,88	$6,62 \times 10^{-1}$
	200	$7,25 \times 10^{-3}$	$2,25 \times 10^{-3}$
10	300	$1,79 \times 10^{-4}$	$6,32 \times 10^{-5}$
	400	$1,33 \times 10^{-5}$	$4,67 \times 10^{-6}$
	500	$1,79 \times 10^{-6}$	$6,32 \times 10^{-7}$

15 Como la mayoría de los ciclos de soldadura supersónica no exceden mucho de 2-3 segundos, puede calcularse por la tabla I que la soldadura a más de unos 200 °C daría tiempo suficiente al menos para la agregación parcial de granos sin deformación en un ciclo de soldadura ordinario, y que temperaturas más altas producirían una recristalización sustancialmente completa.

20 En esta serie de ensayos, se empleó un soldador supersónico, de 100 W y 40 KC, con un tiempo de soldadura de un segundo a potencia reducida de 18 y fuerza de retención de 2,7 Kg. Se formó "bola" en los conductores de cobre (a 99,999 de Cu) en argón, y se atacaron suavemente para impedir posibles efectos secundarios de oxidación superficial. La película delgada era de Pd/Cu/NiCr/Ta₂N, depositada sobre
25 un substrato de alúmina sin vidriar. El tiempo de precalentamiento fue de unos 3 segundos, y se establecieron diversas temperaturas de adherencia con una unión en "bola" de par termoelectrónico de cromel-alumel. Las uniones obtenidas se sometieron a pruebas de tracción de
30 90 grados.



Resultados de pruebas realizadas al aire y en gas naciente se exponen en la figura 3 que es una gráfica de resistencia a tracción de 90° frente a temperatura de soldar. La curva para uniones al aire es la de trazos, y la de uniones en gas naciente, la de línea llena.

5 Como se aprecia por esta gráfica, aumenta la resistencia de la soldadura en la zona de 175-200 °C. La ligera merma de resistencia a temperaturas más altas puede obedecer a recocido ó crecimiento de granos en la porción de alambre del conductor distante de la zona de unión (donde se produjo fractura). Aunque las curvas están muy próximas, se observará que las soldaduras hechas en atmósfera de gas a más de 10 200 °C son más uniformes en resistencia a la tracción que las hechas en aire por encima de 200 °C. Asimismo, a una temperatura dada del orden de 175-200 °C., las soldaduras hechas en atmósfera de gas (F y F') son mucho más resistentes que las hechas al aire (A y A').

15 En las mismas condiciones, y con gas naciente, se soldaron 50 conductores a una temperatura media de 404 °C (margen: 360° a 436°), y se sometieron a la prueba de tracción a 90°. Los resultados se exponen en el histograma de la figura 4. La resistencia media a la tracción fue de 1206 gramos, que puede compararse favorablemente con 20 la resistencia de 1260 gramos del alambre. En todos los casos, el fallo se produjo más bien en el alambre que en la soldadura.

En un grupo similar de 50 soldaduras hechas del mismo modo, pero sin atacar previamente los conductores, el promedio de resistencia a la tracción seguía siendo de 1200 gramos, aunque la amplitud era algo mayor en ambos sentidos. 25

Muestras de los diversos ensayos se examinaron por metalografía. Las piezas soldadas supersónicamente mostraban evidentes señales de deformación y trabajo en frío dentro de los distintos granos columnarios, como se ve en la figura 5. Las muestras soldadas entre 150° y 30 200 °C revelaban recristalización parcial en la zona de mayor número



de marcas de deformación de las unidas en frío, como se ve en la figura 6. Las soldadas a temperaturas más altas tenían una estructura totalmente recristalizada, y la figura 7 reproduce la fotomicrografía de una de ellas, soldada a 530 °C. Además de los granos equiaxiales exentos de deformación, merece señalarse la adaptación del cobre a la superficie de la película. Las secciones expuestas en las fotomicrografías se prepararon con un mordiente de hidróxido de amonio y peróxido de hidrógeno, y se impresionaron a 200 aumentos.

10

N O T A

=====

Se reivindica como objeto de este Certificado de Adición:

1. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal n° 321.681 por "Método de soldadura supersónica", para unir un primer cuerpo a un segundo cuerpo de cobre, los cuales consisten en mantener las zonas de unión de ambos cuerpos en contacto durante la soldadura; mantener al menos la región de unión (como se ha definido) del segundo cuerpo, durante la soldadura, a una temperatura dentro de las temperaturas de trabajo en caliente (según quedan definidas) del segundo cuerpo, y por debajo de la temperatura de fusión del cuerpo que la tenga más baja; y aplicar energía vibratoria supersónica a los dos cuerpos, a fin de obtener una unión de resistencia superior a la del segundo cuerpo.

2. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según la reivindicación 1, según los cuales la temperatura de la región de unión es al menos de 200 °C durante la soldadura.

3. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según las reivindicaciones 1 ó 2, según los cuales se suministra un gas inerte ó reductor a la región de unión durante la soldadura.

4. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal



según la reivindicación 3, según los cuales dicho gas reductor es hidrógeno ó gas naciente.

5. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según la reivindicación 3, según los cuales el gas inerte es argón.

5 6. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, según los cuales la región de unión del segundo cuerpo se mantiene dentro del citado sector de temperaturas haciendo pasar por este cuerpo una corriente eléctrica.

10 7. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según los cuales el referido gas se calienta a una temperatura tal que la región de unión del segundo cuerpo se mantenga dentro del citado sector de temperaturas.

15 8. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según los cuales el primer cuerpo comprende una película de metal sobre un substrato, y el segundo cuerpo comprende un conductor de cobre.

20 9. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según la reivindicación 8, según los cuales el substrato es de vidrio ó de material cerámico.

10. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según las reivindicaciones 8 ó 9, según los cuales la película metálica comprende un delgado estrato de tantalio.

25 11. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según los cuales la energía supersónica se aplica por medio de la punta de un soldador.

30 12. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según la reivindicación 11, según los cuales las zonas de unión se retienen en contacto mediante una fuerza aplicada a la punta del soldador.



13. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según la reivindicación 12, según los cuales la energía supersónica se aplica en una dirección perpendicular a la de la fuerza de retención.

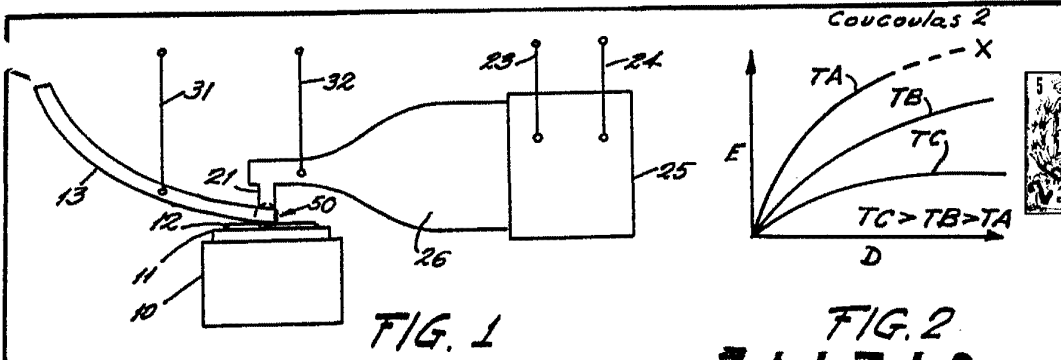
5 14. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, según los cuales la temperatura de la región de unión es de suficiente magnitud y se mantiene durante el tiempo necesario para recristalizar en lo esencial dicha región.

10 15. - Perfeccionamientos en el objeto de la Patente principal nº 321.681, por "Método de soldadura supersónica".

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

BARCELONA, 26 AGO. 1967

P. A.



344740

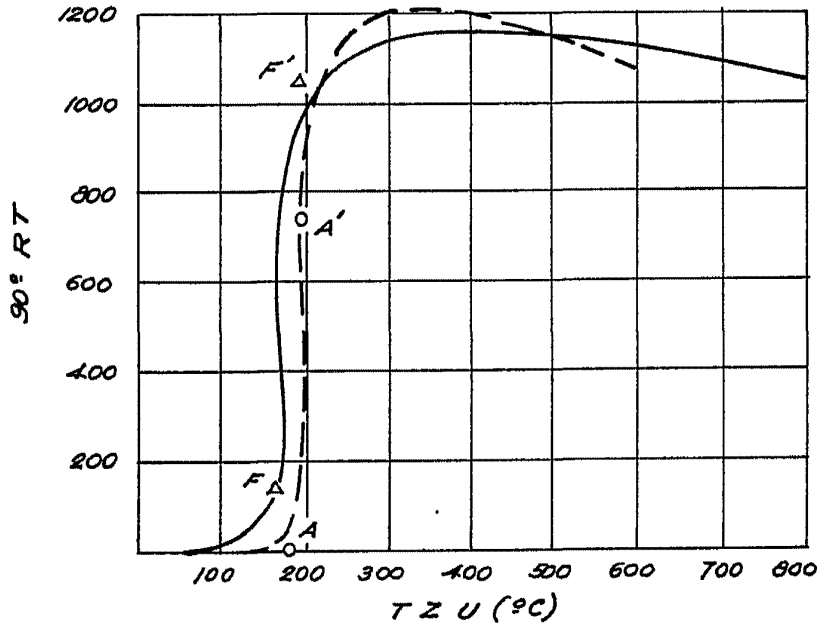
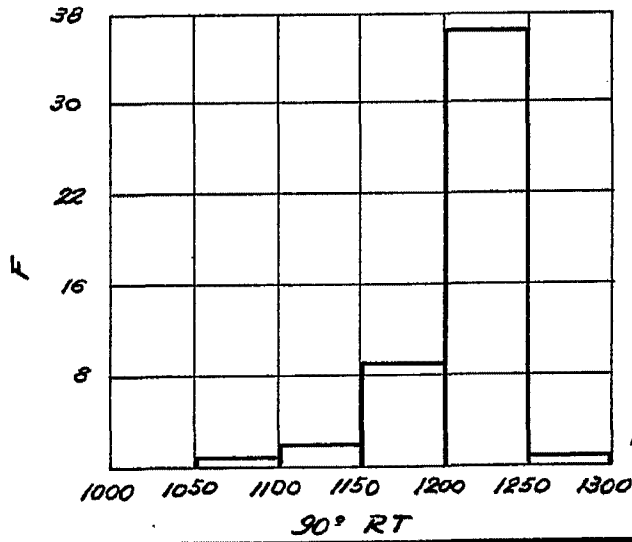


FIG. 4.



/

344740

FIG. 5

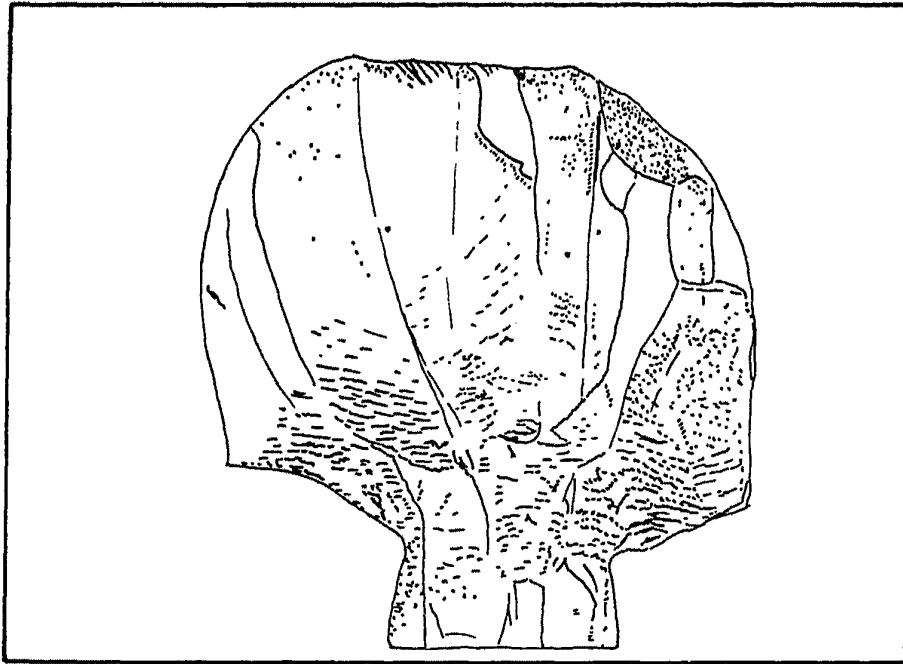
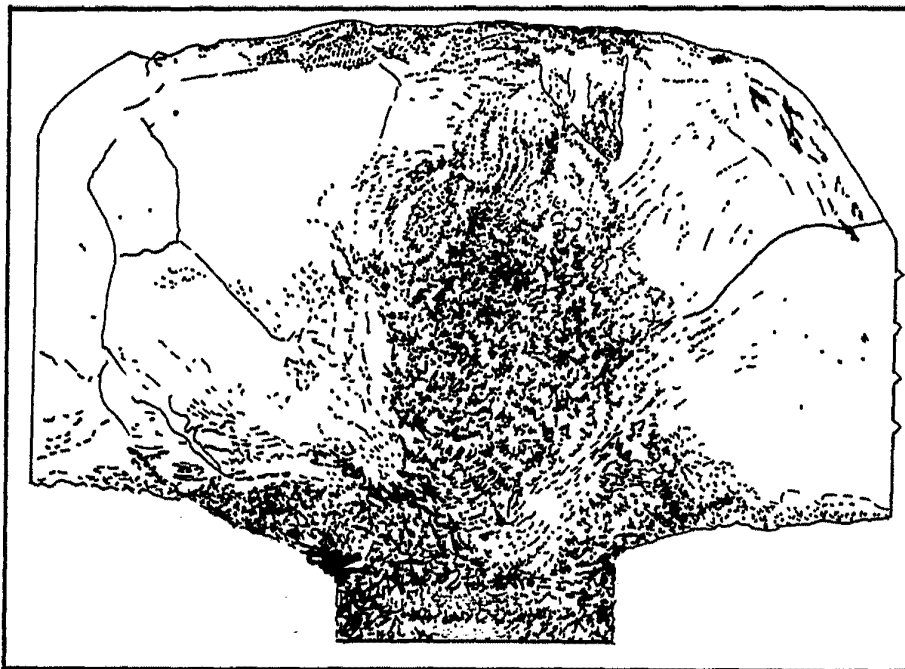


FIG. 6

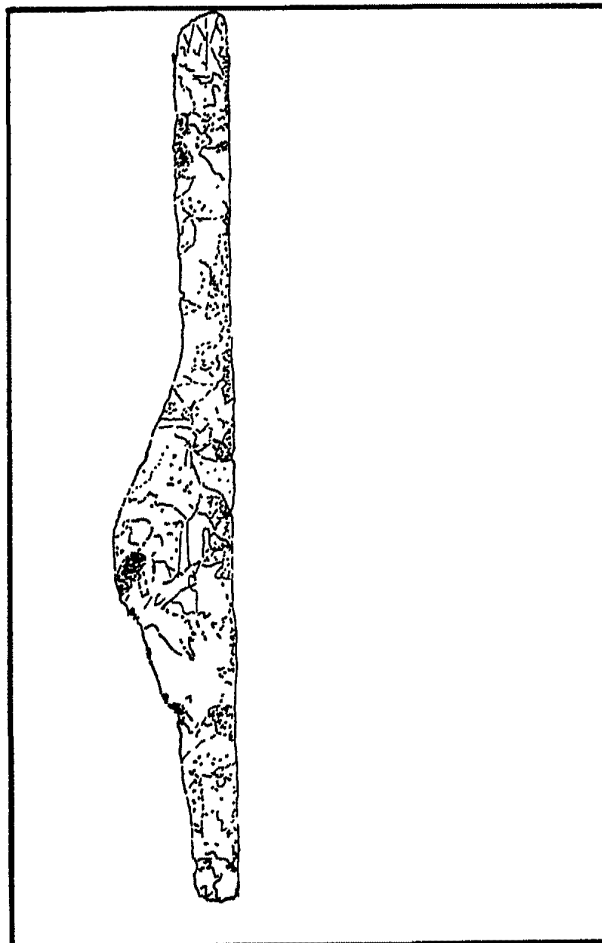


[Handwritten scribbles]

344740



FIG. 7



P.A.
[Handwritten signature]