

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

19 ES

11

NUMERO

21

10 A1

22

FECHA DE PRESENTACION

5-10-78

PATENTE DE INVENCION

50 PRIORIDADES:		
51 NUMERO	52 FECHA	53 PAIS
839,707	5.10.77	ESTADOS UNIDOS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B23K	
54 TITULO DE LA INVENCION		
"METODO PARA REALIZAR LA SOLDADURA FUERTE SIN FUNDENTE DE PIEZAS DE ALUMINIO"		
71 SOLICITANTE (S)		
FORD MOTOR COMPANY		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
The American Road, Dearborn, Michigan - ESTADOS UNIDOS		
72 INVENTOR (ES)		
Walter Leon Winterbottom, el cual ha cedido sus derechos a la firma solicitante.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU		

REF.: USSN 839,707

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un método para realizar la soldadura fuerte sin fundente de piezas de aluminio. Se controlan los elementos gaseosos por ejemplo de O_2 y H_2O , que inhiben el mojado, mediante un calentamiento rápido, por los menos ($100^\circ C$ /minuto) en una gama de temperatura crítica (por ejemplo $400 - 590^\circ C$) durante el calentamiento a la temperatura de realización de la soldadura fuerte. La formación de porosidad a través de la película de óxido y la acumulación de un agente promotor y mojante en la superficie de separación con la película de óxido se producirá simultáneamente para impedir la interrupción de la acción de mojado por los elementos gaseosos de O_2 y H_2O . Se producirá a continuación un desplazamiento del agente mojante por efecto de mecha a través de la película porosa en la gama de temperatura crítica en razón del tiempo limitado disponible para la reacción de los elementos gaseosos O_2 y H_2O con la película para formar un óxido doble. El calentamiento puede realizarse en un vacío igual o inferior a 10^{-3} Torr o en una atmósfera inerte con calentamiento por impulsos, siempre y cuando se observe la velocidad de calentamiento crítica en dicha gama de temperatura crítica.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En razón de la creciente reducción de los suministros del cobre que se utiliza convencionalmente en los cambiadores térmicos para vehículos automóviles, el aluminio ha pasado a ser una fuente importante de material de sustitución. Sin embargo, en un cierto número de procesos utilizados para la fabricación de piezas de aluminio, por ejemplo la soldadura fuerte necesaria en un cambiador térmico para vehículos automóviles, la estabilidad de la película de óxido superfi-

cial presente en el aluminio es un obstáculo importante. Cuando se realiza la soldadura fuerte, la película actúa como barrera para el mojado y la circulación del metal de relleno necesario para la realización de la unión. La eliminación del óxido y la prevención de la reoxidación son los requisitos principales de un método satisfactorio de soldadura del aluminio.

La soldadura fuerte sin fundente o bajo vacío ha cobrado una importante posición comercial porque no necesita eliminar el residuo de fundente y reduce la propensión a la corrosión acuosa de las piezas que llevan este residuo de fundente. La soldadura bajo vacío o sin fundente consiste esencialmente en situar la estructura ensamblada que ha de ser soldada en un horno de calentamiento con un metal de relleno situado en los emplazamientos que han de ser unidos. Se hace el vacío en el horno hasta un nivel de aproximadamente 10^{-4} - 10^{-5} Torr, y se calienta simultáneamente a una temperatura superior al punto de fusión del metal de relleno aunque inferior al punto de fusión del metal de base que ha de ser fundido. De manera convencional se utiliza un horno que calienta a una velocidad de aproximadamente $15^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ de tal manera que toda la operación de soldadura fuerte se efectúa en un período de aproximadamente 15 a 18 minutos.

Aunque en la mayoría de los casos la soldadura fuerte bajo vacío permite obtener una unión sana, algunas veces ciertos elementos constitutivos de la fase vapor de la atmósfera del horno reducen la calidad de la soldadura. Esta degradación se produce durante la fase en la cual el promotor reacciona con la película de óxido y más tarde cuando las fuerzas capilares tienden a aspirar por lo menos una par

te del metal de relleno fluidizado a través de la película de óxido. A pesar de la presencia de agentes promotores para facilitar el mojado de la película de óxido, la presencia de estos elementos constitutivos de la fase vapor contrarresta el efecto benéfico de los agentes promotores.

RESUMEN DE LA INVENCION

Un objeto principal de la invención consiste en proporcionar un método mejorado para realizar la soldadura fuerte sin fundente de piezas de aluminio, caracterizado por una mayor economía y un coste de inversión inferior, así como por una soldadura fuerte más perfecta. En parte, la economía resulta de una reducción de los requisitos aplicables al aparato de vacío necesario para llevar a la práctica el método. Esos requisitos se reducen gracias a la utilización de un sistema de bombeo de vacío reducido que establece un nivel de vacío de aproximadamente 10^{-3} Torr, lo que contrasta con los requisitos de vacío más importantes de la técnica anterior que se establecían normalmente en la gama de 10^{-5} Torr.

Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método para realizar soldaduras fuertes sin fundente, que sea eficaz para controlar los elementos gaseosos de O_2 y H_2O durante la realización de la soldadura fuerte de tal manera que estos elementos gaseosos no interfieran con el mojado de la película de óxido y no puedan reducir la calidad de la soldadura.

Las características relacionadas con los objetivos mencionados más arriba incluyen: (a) aislamiento de una zona de temperatura crítica a través de la cual debe calentarse la estructura que ha de ser soldada, estando relacionada dicha temperatura crítica con la condición en la cual la película

de óxido de aluminio pasa a ser porosa y durante la cual los agentes promotores o de absorción de gases del metal de relleno no reaccionan químicamente con la película de óxido para facilitar el mojado y durante la cual se produce un efecto de desplazamiento del metal de relleno fundido por efecto de mecha a través de esta porosidad (se ha establecido que esta gama crítica está incluida entre 400 y 565°C en el caso de un metal de relleno que contiene magnesio); (b) regular la velocidad de calentamiento del conjunto que ha de ser soldado cuando pasa a través de dicha zona de temperatura crítica, siendo dicha velocidad de calentamiento de por lo menos 100 - 150°C/minuto.

DESCRIPCION DETALLADA

La película superficial de la pieza de aluminio o de aleación de aluminio es, en muchos aspectos, la clave de las propiedades y de la utilidad potencial de este material. La película es un óxido refractario, generalmente de espesor reducido, auto-regenerador, y que cubre la superficie de la pieza impartiendo inercia a este metal por lo demás fuertemente reactivo. Durante la realización de la soldadura fuerte, la película de óxido actúa como una barrera para el mojado y la circulación necesarias para la formación de una soldadura. En la realización de una soldadura fuerte bajo vacío, no se ha llegado a entender completamente el mecanismo de eliminación de la barrera de óxido. De acuerdo con la presente invención, se ha observado que deben utilizarse agentes promotores capaces de reducir la película de óxido de aluminio y capaces también de actuar como agente de absorción de gases para el oxígeno y el agua en la cámara de realización de la soldadura fuerte. El agente promotor y de absorción de gases

se incorpora en el metal de relleno como componente ternario, y por tanto el metal de relleno que se utiliza para realizar la soldadura fuerte del aluminio puede consistir en una aleación de aluminio-silicio-promotor. En muchos aspectos el magnesio es el promotor más favorable. Una de las más importantes propiedades del promotor, y en particular del magnesio, es su elevada volatilidad a temperaturas muy inferiores al punto de fusión eutéctico del metal de relleno. El magnesio tiene por ejemplo una presión de vapor de aproximadamente 10^{-3} Torr a 300°C .

El desplazamiento del vapor de magnesio a través de la película de óxido no ha sido observado perfectamente y con toda seguridad no está relacionado con el momento en que se desarrolla la porosidad en la película de óxido. El promotor, por ejemplo el magnesio, tiene una influencia sobre la formación de la porosidad. Se cree que el magnesio da lugar a un cambio de la estructura amorfa del óxido que se transforma en una estructura que incluye una fase de cuerpo cristalino, efectuándose el cambio a una temperatura más baja.

Sin embargo, de acuerdo con la invención, esta porosidad de la película de óxido puede ser perjudicial si no se produce en el momento adecuado durante la secuencia de realización de la soldadura fuerte. De manera general, la porosidad es conveniente solamente después de la fusión del metal de relleno; en este momento el magnesio reacciona con la película de óxido y da lugar a un desplazamiento del metal de relleno por efecto de mecha en la película, lo que produce su disgregación, su desintegración y su disolución; esto permite el mojado subsiguiente del metal de base de aluminio. Sin embargo, esta misión de la porosidad se ve comprometida por

la presencia de trazas de O_2 ó H_2O en la cámara de vacío. Cuando la porosidad está presente en la película un poco antes de la separación del magnesio del metal de relleno sólido, O_2 y H_2O reaccionan con la película de óxido y forman una cantidad más importante de óxido o un óxido doble. Esto impide a continuación que el promotor pueda reaccionar adecuadamente con la película de óxido original cuando la porosidad se desarrolla efectivamente. Como consecuencia de ello, la película de óxido flota encima del metal de relleno fluidizado y se produce un mojado reducido o nulo del metal de base. Es preciso disponer de algún medio para retardar la formación de la porosidad en la película de óxido.

Utilizando la espectrometría de masa, se ha determinado que el magnesio tiene dos ráfagas de vaporización diferentes a partir del metal de relleno sólido. Se ha comprobado que la película de óxido es protectora por debajo y porosa por encima de una gama de temperatura crítica, y que solamente el transporte de la fase vapor a través de un óxido poroso puede ser responsable del comportamiento cinético del mojado del magnesio. La magnitud del efecto de ráfaga inicial es una medición de la concentración de magnesio en la superficie de separación entre metal de relleno y óxido que se produce durante el calentamiento antes de la formación de los poros. Una velocidad de calentamiento lenta no produce el efecto de ráfaga probablemente porque el transporte del magnesio hasta la superficie de separación a una velocidad apreciable y el desarrollo de los poros son procesos concurrentes. A temperaturas más bajas (en la gama de $400 - 500^{\circ}C$) la fase de vaporización o la disociación del Mg_2Si controla la cinética del proceso. Con un calentamiento rápido, la película

de óxido protectora puede mantenerse en estado no poroso a temperaturas más elevadas, reduciendo así el grado de reacción entre los contaminantes gaseosos y los promotores de soldadura.

5 Se ha determinado que el mecanismo de mojado del metal de relleno depende de las siguientes características:

(a) la película de óxido normalmente no porosa debe presentar poros cuya formación depende a la vez del tiempo y de la temperatura. A título ilustrativo, la porosidad inicial se desarrolla a un límite de temperatura más bajo de aproximadamente 350°C con velocidades de calentamiento inferiores a 100°C/minuto, con un límite superior de aproximadamente 525°C con velocidades de calentamiento de 200°C/minuto.

(b) el transporte del vapor de magnesio a través de esta porosidad depende del estado del metal de relleno:

(a) en el metal de relleno fundido el transporte es rápido, y (b) en el metal de relleno sólido la disociación del Mg_2Si y la difusión limitan el transporte;

(c) en el punto de fusión eutéctico de la aleación de metal de relleno (551°C), el mojado del óxido produce una acción de desplazamiento por efecto de mecha del metal de relleno a través de la película de óxido porosa dando lugar a la formación de una capa líquida limpia mojable en su lado opuesto; y

(d) por encima de 565°C, el metal de relleno funde totalmente y se produce una circulación macroscópica.

Como se ha indicado anteriormente, un fenómeno que interrumpe el proceso de mojado es la presencia de elementos constitutivos de fase vapor de O_2 y H_2O , los cuales, si están presentes en concentración suficientemente elevada, pueden

den cambiar completamente el progreso de dichas características (a) - (d), dando lugar así a una soldadura mediocre.

5 Naturalmente el magnesio se considera como un elemento importante para eliminar estos elementos constitutivos de fase vapor ya que el magnesio actúa como agente de absorción de gases y presenta unas elevadas volatilidad y reactividad con O_2 y H_2O . A pesar de las características físicas del magnesio como agente de absorción de gases, su presencia en el proceso no puede evitar totalmente esta degradación.

10 De acuerdo con la invención, si el tiempo gastado en la gama de temperatura de $400-500^{\circ}C$ se acorta a 1-2 minutos o menos, la interferencia producida por los elementos constitutivos de fase vapor puede ser reducida a un nivel tolerable. En la realización de soldadura fuerte bajo vacío, el
15 mantenimiento de una presión parcial baja de agua y oxígeno es un requisito esencial y el responsable de la necesidad de emplear un vacío elevado en los tratamientos actualmente conocidos. Limitando el tiempo gastado en esta gama de temperatura crítica, es posible reducir la susceptibilidad del proceso a estos contaminantes limitando el grado de su reacción
20 con la película de óxido. Se ha comprobado que una velocidad de calentamiento de aproximadamente $100 - 150^{\circ}C$ por minuto, en la gama de temperatura de $400 - 565^{\circ}C$, es necesario para subsanar esta dificultad y al mismo tiempo reducir los
25 requisitos del aparato de vacío de modo que se necesite solamente para el proceso una bomba rotativa mecánica de vacío reducido.

Por consiguiente, un método preferido para llevar a la práctica la invención es el que sigue:

30 1.) se prepara una estructura a base de aluminio

formando una chapa de aleación revestida para soldadura fuerte bajo vacío. Las chapas revestidas se forman y ensamblan dándoles la configuración usual de un cambiador de calor. El conjunto está previsto para mantener la posición adecuada de la unión durante la operación de soldadura fuerte.

2.) el metal de relleno está situado en los emplazamientos de unión deseados como resultado del recubrimiento de la chapa que pone en juego el metal de relleno, cualquiera que sea la disposición de la unión. Cuando no se utiliza una chapa revestida, es preciso depositar cuidadosamente el metal de relleno en los emplazamientos deseados.

3.) los elementos ensamblados estructuralmente se colocan a continuación en un horno de calentamiento en el cual están en contacto con una atmósfera inerte bajo un vacío de aproximadamente 10^{-3} Torr; la velocidad de calentamiento ha de ser controlada con mucha precisión mientras se calienta el conjunto en la zona de temperatura de $400 - 590^{\circ}\text{C}$. La velocidad de calentamiento en esta zona crítica debe ser del orden de $100 - 150^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$.

4.) Cuando el conjunto alcanza la temperatura de 590°C , se continúa el calentamiento a velocidad más lenta, y se eleva el conjunto a la temperatura de realización de la soldadura fuerte de acuerdo con los principios de la técnica anterior.

Como resultado de la realización de la secuencia de operaciones descrita más arriba, la película de óxido de sarrolla su porosidad inicialmente a 400°C aproximadamente; mientras el calentamiento continúa por encima de esta temperatura, el Mg_2Si se separa lo que permite que una cantidad suficiente de magnesio se acumule y reaccione con el óxido

poroso. Cuando la temperatura sube todavía más hasta 561°C , se produce un desplazamiento del metal de relleno por efecto de mecha o efecto capilar a través de esta porosidad, incluso si el metal de relleno está en un estado semi-pastoso y demasiado viscoso para fluir apreciablemente en esta fase. Después de alcanzar este nivel de temperatura de 565°C , el metal de relleno se hace más fluido y la fluidez necesaria para rellenar la junta puede utilizarse de acuerdo con los procedimientos normales. Sin embargo, mediante el control de la velocidad de calentamiento, la interferencia de los elementos constitutivos de fase vapor será eliminada sustancialmente y se facilitará la obtención de una superficie de aluminio mojada por el metal de relleno a través de la película de óxido. Por tanto puede obtenerse una soldadura fuerte de calidad superior, utilizando la técnica del vacío a presiones del orden de 10^{-3} Torr.

Una variante de calentamiento en el vacío es el calentamiento por impulsos del conjunto que ha de ser soldado en un gas inerte. El conjunto que ha de ser soldado puede ser desplazado entre volúmenes de gas inerte a diferentes temperaturas elevadas o, en variante, puede utilizarse un calentamiento por radiación en forma de impulsos. Sin embargo, si se mantiene la velocidad de calentamiento de $100 - 200^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ durante el tiempo en el cual el conjunto que ha de ser soldado experimenta un cambio de temperatura en la gama de $400 - 590^{\circ}\text{C}$, se elimina la deterioración del proceso de soldadura fuerte por O_2 y H_2O . Como en el modo preferido, el vapor de magnesio reaccionará con la película de óxido cuando la película empieza por primera vez a ser porosa. Los átomos de magnesio se incorporarán en los poros de la película formando un "spinel" (cationes de Mg-Al en un retículo de

oxígeno). Este spinel es mojable y permite que el promotor semi-fluido sea captado por acción capilar y sea transmitido por efecto de mecha.

En resumen, la presente Patente de invención que
5 se solicita deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

1.) Método para realizar la soldadura fuerte sin fundente de piezas de aluminio, caracterizado porque consis
te en:

10 (a) preparar y relacionar estructuralmente las unas con las otras las piezas de metal de base que consisten en aluminio o en una aleación del mismo para formar un conjunto,

15 (b) depositar una aleación de metal de relleno en los emplazamientos de unión de dicho conjunto, teniendo dicha aleación de metal de relleno una base de aluminio y conteniendo un agente promotor y de absorción de gases elegido en el grupo que consiste en magnesio, metales de tierras raras, berilio, escandio, itrio, calcio, estroncio y litio,

20 (c) someter dicho conjunto y el metal de relleno depositado a calentamiento mientras están en un ambiente inerte o de vacío reducido, estando caracterizado dicho vacío reducido, cuando se utiliza, por una presión inferior a 10^{-3} Torr, aplicándose dicho calor de tal manera que cuando el conj
25 junto experimenta una temperatura en la gama de $400 - 590^{\circ}\text{C}$, la velocidad de calentamiento sea por lo menos de $100^{\circ}\text{C} / \text{mi}$ nuto, con lo cual el período de tiempo durante el cual dicho conjunto está en dicha gama de temperatura crítica es inferior a 2 minutos,

30 (d) continuar dicho calentamiento más allá de di-

cha gama crítica para realizar la gama fuerte.

2.) Método para realizar la soldadura fuerte sin fundente de piezas de aluminio, caracterizado porque consiste en:

5 (a) preparar y relacionar estructuralmente las unas con las otras las piezas de metal de base que consiste por lo menos en aluminio y aleación de aluminio para formar un conjunto,

10 (b) depositar un metal de relleno que consiste esencialmente en una aleación de aluminio - silicio- magnesio, depositándose dicho metal en los emplazamientos de unión de dicho conjunto,

15 (c) someter dicho conjunto a calentamiento y controlar la velocidad de dicho calentamiento de tal manera que cuando el conjunto experimenta una temperatura incluida en la gama de 400 - 590°C, la velocidad de calentamiento sea su ficientemente rápida para evitar reacciones notables de óxido gaseoso o de agua en el ambiente que rodea dicho conjunto en el interior del horno, y

20 (d) continuar dicho calentamiento de dicho conjunto por encima de dicha gama de temperatura crítica para realizar la soldadura fuerte.

25 3.) Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho calentamiento se aplica por medio de impulsos para retardar la formación de la porosidad en la película de óxido de dichas piezas de metal de base lo mismo que en el metal de relleno hasta que dicho promotor se separe de dicho metal de relleno , efectuándose dicho calentamiento por impulsos en particular para proporcionar una velocidad
30 de calentamiento fluctuante incluida entre 50°C/minuto hasta

más de 500°C/minuto cuando las piezas de metal de base están a una temperatura inferior a 545°C.

4.) Método para realizar la soldadura fuerte de un conjunto que incluye piezas de metal de base y un metal de relleno con magnesio situado en los emplazamientos de unión, caracterizado porque consiste en:

(a) calentar un conjunto de piezas que han de ser soldadas en una atmósfera inerte o bajo un vacío inferior a 10^{-3} Torr a una temperatura a la cual la película de óxido situada en dichas piezas de metal de base empieza a formar poros,

(b) controlar la velocidad de calentamiento en el estado (a) de modo que sea superior a 100°C/minuto hasta que dichas piezas metálicas tengan una temperatura superior a 535°C, y

(c) continuar el calentamiento de dicho conjunto hasta que las piezas metálicas hayan sido mojadas por el metal de relleno en los emplazamientos de la unión.

5.) Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita por: "MÉTODO PARA REALIZAR LA SOLDADURA FUERTE SIN FUNDENTE DE PIEZAS DE ALUMINIO.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de catorce páginas mecanografiadas.

Madrid, 5 de octubre de 1.978

BERNARDO UNGRIA

p.p.

