

417927

PATENTE DE INTRODUCCION



417927

Int. Cl.^a B23K 20/08

F.C. 11-7-75

Int. Cl.^a B23P

MEMORIA DESCRIPTIVA

Sobre:

"PROCEDIMIENTO PARA LA UNION DE METALES MEDIANTE EXPLOSI-
VOS"

Solicitante: UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A. de naciona-
lidad española, con domicilio en P^o de la -
Castellana, 20

MADRID-1



La presente invención se relaciona con un nuevo procedimiento para la unión de metales. Específicamente, la invención implica un método para unir superficies metálicas y en particular para revestir una superficie metálica con una o más capas del mismo o distinto metal, relacionándose asimismo con nuevos artículos de fabricación producidos mediante este procedimiento.

El uso de metales revestidos o compuestos como materiales de construcción ha pasado a constituir en los años recientes una práctica corriente. Tales materiales revestidos constan de un metal básico, de ordinario relativamente económico, a cuya superficie se une o aplica una capa de un segundo metal que posee ciertas propiedades deseables, por ejemplo una elevada resistencia a la corrosión u oxidación, no características del metal básico. En muchos casos, el metal que forma la capa de revestimiento es considerablemente más costoso que el metal básico al que se aplica. Por consiguiente, resulta posible una considerable economía mediante el uso de una capa delgada en lugar de gruesa del metal costoso. Naturalmente, esta economía aumenta grandemente cuando se emplean materiales revestidos en la construcción de grandes piezas de equipo, tales como tuberías de conducción, tanques de almacenamiento y recipientes de tratamiento para grandes plantas químicas.

Un segundo aspecto ventajoso del uso de metales revestidos resulta del hecho de que frecuentemente el metal que posee la deseada resistencia a la corrosión u otra propiedad carece de la necesaria resistencia tensil, propiedades térmicas o resistencia a la compresión que permi-

417927

- 3 -

16 A



- tan su empleo en aplicaciones en las que se producirán - determinadas tensiones. Así, además de la economía proporcionada por el uso del metal menos costoso, la solidez estructural y la rigidez que puede comunicar al sistema compuesto representan un importante y valioso factor en los conjuntos compuestos.
- 5.

- Además de las citadas aplicaciones en metales - revestidos o compuestos, esta invención tiene una aplicación específica, entre otras cosas, en equipos de rayos X, recipientes de cocina y guarniciones decorativas para automóviles y edificios. Por ejemplo, en muchos casos, sería deseable proteger metales como el molibdeno, tungsteno y sus aleaciones, que se emplean principalmente en aplicaciones a elevadas temperaturas, mediante una capa de un material resistente a la oxidación, tal como el "nichrome".
- 10.
- 15.

- Existe una diversidad de métodos para unir un metal a la superficie de otro a fin de formar un conjunto compuesto de capas múltiples; sin embargo, cada uno de estos métodos presenta ciertas desventajas que les hacen inconvenientes o totalmente inadecuados bajo ciertas circunstancias.
- 20.

- El más antiguo de los procedimientos comerciales destinados a aplicar una capa de un metal a otro metal es el comúnmente conocido por procedimiento de "inmersión en caliente" o, cuando se aplica a revestimientos de cinc, "galvanización". Esencialmente, el método consiste en sumergir el artículo a revestir en un baño de metal fundido durante corto tiempo. Es necesario para un satisfactorio revestimiento que los dos metales se aleen entre sí por lo menos en cierta medida. Las desventajas del método
- 25.
- 30.

417927

- 4 -

16



- de inmersión en caliente son: (1) es difícil controlar - con precisión el grosor de la capa exterior o su distribución sobre la superficie; y (2) ciertos metales no se alean con otros o bien forman unas nocivas fases quebradizas, que imposibilitan la producción de una capa continua con combinaciones de dichos metales desde un punto de vista práctico. Debido a la dificultad asociada a la manipulación de grandes cantidades de metales fundidos - de elevados puntos de fusión, por ejemplo el níquel, cobre, tungsteno y cobalto, así como a la posibilidad de -
5. causar indeseables cambios térmicos en el metal básico, el método de inmersión en caliente se ha visto severamente limitado a la aplicación de metales de puntos de fusión relativamente bajos.
- 10.
15. Otro procedimiento bien conocido de aplicación de una capa de un metal a otro es el de la electrogalvanización. En este procedimiento, el artículo a chapar se sumerge, después de una cuidadosa limpieza, en una solución de un compuesto del metal del que se desea aplicar un revestimiento y seguidamente se pasa una corriente --
20. eléctrica a través de la solución, sirviendo de cátodo el objeto a chapar. En la electrogalvanización son obtenibles unas capas adherentes cuyo espesor es fácilmente -- controlado, siendo generalmente de elevada pureza la capa depositada. Sin embargo, el procedimiento es largo y --
25. costoso, y además la porosidad de la capa depositada y de determinados problemas de fragilidad derivados del hidrógeno producido imponen serias limitaciones al uso de revestimientos electrodepositados para muchas aplicaciones. -
30. Además, el procedimiento no es fácilmente adaptable al se

417927

- 5 -

16



pósito de revestimientos a partir de aleaciones.

El depósito al vapor constituye un tercer procedimiento de aplicación de una capa de un metal a otro, pero esta técnica ha tenido uso en un número limitado de casos debido a los costosos procedimientos especiales y al riguroso control requerido. Los revestimientos producidos por este procedimiento son generalmente adherentes, flexibles y de un alto grado de pureza. Algunos elementos, tales como el silicio, telurio y selenio, que son difíciles de depositar por otros métodos, pueden depositarse al vapor.

Un cuarto método, más común, de unión de un metal a otro implica la directa laminación de una capa sobre otra con la aplicación de calor y presión. Aunque se emplean comercialmente diversas variaciones de esta técnica de revestimiento a rodillo para la producción de láminas, alambres, tiras, etc., revestidos, todas ellas tienen ciertos inconvenientes graves. En primer lugar, el procedimiento se limita a aquellos metales que pueden formar una unión efectiva bajo las condiciones adecuadas. Efectivamente, existen determinadas combinaciones de metales, por ejemplo tungsteno y niobio, para las que ninguno de los procedimientos de unión actualmente conocidos resulta eficaz. En segundo lugar, bajo las extremadas condiciones de temperatura requeridas para una efectiva laminación en caliente, se forman con frecuencia compuestos intermetálicos quebradizos y altamente indeseables o se producen otros efectos indeseables, tales como adsorción de agentes fragilizadores derivados de la atmósfera circundante. Por consiguiente, se produce otra desventaja de la laminación

417927

- 6 -

16



directa, porque se requieren técnicas costosas y difíciles, tales como soldadura hermética a los gases, atmósferas inertes o sometidas a vacío y complicada maquinaria de laminación.

5. Así, un objeto principal de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento para unir superficies metálicas entre sí. Otro objeto es la provisión de un medio en virtud del cual pueden unirse entre sí -- prácticamente dos o más metales o aleaciones metálicas --
10. cualesquiera para formar un sistema compuesto de capas múltiples. Otro objeto de la invención es la provisión de sistemas metálicos revestidos en los que la capa recubridora es no permeable, uniforme y adherente, mediante un método conveniente y económico. Otro objeto consiste --
15. en proporcionar conjuntos revestidos unidos a partir de metales que hasta ahora no podían unirse eficazmente entre sí. A medida que se describa la invención, resultarán evidentes otros objetos.

20. Hemos comprobado que los objetos anteriormente descritos se consiguen cuando sostenemos una capa de metal de revestimiento paralelamente a una superficie de un metal a revestir, quedando espaciada la superficie interior de dicha capa de metal de revestimiento respecto a la superficie del otro metal, aplicamos sobre la superficie exterior de dicha capa de metal de revestimiento una
25. capa de un explosivo detonador dotado de una velocidad de detonación inferior al 120 % de la velocidad del sonido -- en el metal del sistema que tenga la máxima velocidad citada, y seguidamente iniciamos dicha capa explosiva. Ordinariamente es deseable emplear un explosivo que tenga una
- 30.

417927

- 7 -

16 

5. velocidad de detonación no superior a la del sonido en el metal dotado de la mayor velocidad sónica, lo cual representa la versión preferida de la invención. Las capas metálicas han de estar separadas entre sí por una distancia por lo menos suficiente para que la capa explosivamente propulsada consiga una adecuada velocidad antes del impacto con la capa estacionaria. Un espaciamiento de 0,0254 mm. entre las superficies frontales de las dos capas representa el mínimo espaciamiento que hemos comprobado como consistentemente adecuado. La máxima separación permisible depende por entero de la reducción de velocidad de la capa propulsada, causada por el aire situado entre ambas capas. Aumentando la carga explosiva o evacuando el espacio comprendido entre las capas, son factibles unos espaciamientos superiores de 0,0254 mm. Sin embargo, en general no es conveniente o necesaria una separación superior a 12,7 mm.
- 10.
- 15.

20. Para una comprensión más completa de la invención, se hará seguidamente referencia al adjunto dibujo, en el cual:

La figura 1 representa una vista en sección de un conjunto que puede emplearse para poner en práctica la invención.

25. La figura 2 es una microfotografía (450 aumentos) de un conjunto bimetálico preparado de acuerdo con la invención.

La figura 3 representa una ilustración esquemática del fenómeno que se supone tiene lugar en el curso del presente procedimiento; y

30. La figura 4 representa un típico conjunto para

417927

- 8 -



16 JUN 1977

la preparación de sistemas de capas múltiples.

En la figura 1, la capa metálica a revestir se indica por 1. Esta capa 1 se empotra en un medio de soporte 5 de un cemento de yeso duro. La capa recubridora 2 se sostiene por encima de la capa básica 1 mediante pequeños hoyuelos 4 dispuestos en la superficie de la capa revestidora 2. Esto proporciona el requerido espaciamento entre las dos capas, indicado por 6. Por encima de la capa 2 y contiguamente a ella se dispone una capa de explosivo detonador 3 y a un borde de esta última capa se fija un iniciador 7 dotado de alambres de plomo 8.

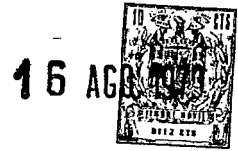
En la microfotografía de la figura 2, A indica una capa básica de molibdeno, B señala una capa revestidora de acero de bajo contenido carbónico y F indica la zona de unión compuesta de material de ambas capas A y B.

En la figura 3, A representa la capa básica metálica, B la capa revestidora metálica, D la capa de explosivo antes de la detonación y D' los productos gaseosos de la detonación producidos por la de la capa D, representando E una brusca corriente líquida de material compuesto de ambas capas A y B que incide sobre el lado inferior de la capa B inmediatamente por delante del punto de impacto C, y representando finalmente F el material movilizado entre las capas A y B y que une entre sí a las mismas.

La figura 4 representa un conjunto destinado a la preparación de conjuntos provistos de más de dos capas. La capa metálica 10 que ha de ser revestida por las láminas metálicas 11 y 12 se apoya sobre un soporte de madera contrachapada 13. Las capas metálicas 10, 11 y 12 están -

417927

- 9 -



5. separadas por un espacio separador mantenido por diminutas partículas metálicas 14. Una capa de cinta, espuma de poliestireno u otro material inerte 15 cubre la superficie superior de la capa 12 para protegerla contra los efectos directos de la capa explosiva 16. El explosivo se inicia mediante el iniciador 17 fijado a una esquina de aquél y provisto de alambres de plomo 18. La capa explosiva 16 puede extenderse algo más allá de la capa de revestimiento superior para proporcionar una porción conveniente destinada a fijar el iniciador y a asegurar que el frente de detonación haya adquirido una máxima velocidad cuando se encuentra junto al borde del conjunto revestidor.

15. Los siguientes ejemplos ilustran algunas de las muchas combinaciones de metales que pueden unirse entre sí por el método de la presente invención. Sin embargo, sólo pretenden ser ilustrativos y no han de considerarse como exhaustivos o limitativos. Puede obtenerse cualquier sistema metálico compuesto deseado mediante un adecuado ajuste de condiciones.

EJEMPLO 1

25. El explosivo empleado en este ejemplo fue una lámina delgada y uniforme de una composición explosiva flexible que comprendía un 20% de tetranitrato de pentaeritritol muy fino (TNPE), un 70% de plomo rojo y, como aglutinante, un 10% de una mezcla 50/50 de caucho butílico y una resina de terpeno termoplástica (mezcla de polímeros de beta-pineno de fórmula $(C_{10}H_6)_n$) comercialmente obtenible como "Piccolyte" S-10 (fabricado por la Pennsylvania Industrial Chemical Corporation). En la patente estadouni-

417927

- 10 -

16



- dense nº 3.093.521 se describen detalles completos de esta composición y de un adecuado método para su fabricación. La composición se dispone fácilmente en láminas y detona a una velocidad de 4.100 m por segundo aproximadamente. Se
5. colocó sobre una plancha de madera contrachapada una placa de acero dulce a 152,4 x 228,6 y 12,7 mm. de grosor. Por encima de esta placa y espaciada de ella a una distancia de 3,17 mm. por espaciadores de acero rectangulares en cada esquina, se colocó en correspondiente alineamiento dimensional una placa de acero inoxidable de 152,4 x 228,6 x 3,17 mm. La superficie exterior de esta placa se cubrió con una capa de cinta ocultadora como protección contra el ensuciamiento de la superficie final. Sobre la capa de cinta ocultadora se dispuso una capa dimensionalmente adaptada del explosivo anteriormente descrito que tenía un peso por unidad de área de 2,32 gr. por cm^2 . A un lado de la capa rectangular de explosivo se fijó un generador comercial de ondas lineales como el descrito en la patente estadounidense nº 2.943.571, expedida el 5 de Julio de 1960 y seguidamente se inició. Después de la detonación del explosivo, se observó que el acero dulce y el acero inoxidable se habían unido uniformemente entre sí formando un compuesto. El examen microscópico reveló una excelente unión. Ensayos realizados de acuerdo con el prescrito Método A.S.T.M. nº A263-44T sobre el conjunto para determinar la resistencia al cizalleo de la unión, indicó una resistencia media de 5.167 kg/cm^2 . La resistencia mínima al cizalleo prescrita por las especificaciones A.S.T.M. para este tipo de revestimiento es de 1.406 kg/cm^2 y los producidos por medios convencionales y comunes exhiben ordinaria-
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.

417927

16



- 11 -

mente una resistencia al cizalleo de 2.109 a 2.460,7 kg/cm². El compuesto pudo doblarse 180° alrededor de un mandril cuyo diámetro era igual al espesor del compuesto sin fractura.

5.

EJEMPLO 2

Se colocó una placa de acero dulce de 609,6 x 609,6 x 19,05 mm sobre un bloque de madera contrachapada de soporte. Se cubrió una superficie de una lámina de 609,6 x 609,6 x 0,795 mm. de acero inoxidable tipo 304 con cinta ocultadora y se colocó, con el lado de la cinta hacia arriba, sobre la placa de acero dulce y espaciada de ella por una distancia de 0,1498 mm. mediante algunas partículas diseminadas de polvo de hierro que había sido cribado, pasando a través de un cedazo de malla n° 100 y quedando retenido sobre una criba de malla n° 200. La superficie de la cinta se cubrió luego por completo con TNT granular en una distribución de 0,8 gramos por cm² y una densidad de 0,8 - gramos por cm³. La iniciación del explosivo se efectuó mediante una cápsula de voladura eléctrica n° 6 situada en una esquina de la capa. La capa de TNT granular detonó a una velocidad de 4.200 m/s aproximadamente. Después de la detonación del explosivo, el resultante compuesto de acero inoxidable sobre acero dulce de 609,6 x 609,6 mm. mostró - unas propiedades metalúrgicas comparables a las de la muestra preparada en el Ejemplo 1.

10.

15.

20.

25.

EJEMPLO 3

Se aplicó una capa de níquel de 6,35 mm, de grosor a una placa de 25,4 mm. de espesor de acero dulce, de la siguiente manera. Se dispuso una placa de 152,4x228,6 - mm. de acero dulce sobre un bloque de madera contrachapada

30.

417927

- 12 -

16



- de soporte. Se colocaron partículas de polvo de hierro - cernidas como en el Ejemplo 2 a intervalos sobre la superficie superior del acero dulce para establecer una distancia de separación de 0,1498 mm. Una superficie de la capa revestidora de níquel se cubrió con una capa protectora - de cinta ocultadora para asegurarla contra una deformación menor o marcación por la fuerza explosiva. La capa de cinta fue a su vez cubierta con una capa de la composición explosiva descrita en el Ejemplo 1, teniendo un peso por unidad de área de 4,65 gr. por cm^2 y el compuesto níquel-cinta-explosivo se colocó, con el lado del níquel hacia abajo, y en alineamiento dimensional, sobre la placa de acero. Se fijó un iniciador eléctrico nº 6 a una esquina de la capa de explosivo y se detonó éste. Se obtuvo un conjunto de níquel-acero dulce dotado de una excelente unión de las dos capas metálicas.

EJEMPLO 4

- Se emplearon la técnica y el explosivo del Ejemplo 3 para preparar un compuesto de 76,2 x 76,2 mm. de molibdeno sobre acero inoxidable de tipo 304. El espesor de la capa envolvente de molibdeno era de 1,016 mm. y el del acero inoxidable de 1,587 mm. El peso por unidad de área de la capa de explosivo era de 2,32 gr. por cm^2 y el espacio de separación dispuesto era de 0,1498 mm. Se obtuvo un excelente revestimiento.

EJEMPLO 5

- Se aplicó una capa de cobre de 1,5875 mm. sobre una placa de acero dulce de 12,7 mm. de grosor de la siguiente manera. La lámina de cobre, que medía 76,2 x 152,4 mm. se cubrió por un lado con una capa de espuma de polies

417927

- 13 -

16



5. tireno de 25,4 mm. de grosor y esta última capa se cubrió con otra de la composición explosiva del Ejemplo 1, que tenía una distribución de peso de 1,55 gr. por cm². Los bordes del "emparedado" cobre-poliestireno-explosivo se sellaron con cinta impermeable al agua y el referido emparedado se colocó sobre la placa de acero dulce con un espaciado entre la capa de cobre y la de acero de 0,3505 mm. proporcionado por partículas uniformes de polvo de hierro. Las partículas de hierro habían sido cernidas de modo que pasasen a través de una criba de malla n^o 45 y quedasen retenidas sobre una del n^o 100. Los bordes del conjunto completado se sellaron también con cinta y se fijó un iniciador eléctrico en una esquina de la capa de explosivo. Luego se sumergió el conjunto en agua y se inició el explosivo. Se obtuvo una excelente unión del cobre sobre la placa de acero.

EJEMPLO 6

20. Se empleó el procedimiento del Ejemplo 5 para preparar un revestimiento de titanio sobre cobre. Las dimensiones de las láminas eran de 76,2 x 152,4 mm. la capa de titanio tenía un espesor de 1,27 mm. y la de cobre de 1,587 mm. El espaciado, que en este caso se obtuvo mediante partículas de polvo de titanio cernido, era de 0,3505 mm. y el peso del explosivo era de 1,55 gr. por cm².
25. Después de la detonación del explosivo, las láminas de titanio y de cobre quedaron firme y uniformemente unidas.

EJEMPLO 7

30. Se aplicó una capa de titanio de 1,27 mm. a una placa de acero dulce de 12,7 mm. mediante el procedimiento descrito en el Ejemplo 5. Las dimensiones de cada una de -

417927

- 14 -



- las capas eran de 76,2 x 152,4 mm. el peso del explosivo era de 2,32 gr por cm^2 y el espaciamento de 0,0431 mm se estableció mediante partículas uniformes de polvo de hierro (pasadas a través de una malla n° 325). El revestimiento obtenido era fuerte y uniforme.
- 5.

EJEMPLO 8

- Se empleó de nuevo el procedimiento del Ejemplo 5 para aplicar una capa de aluminio de 3,175 mm a una placa de 12,7 mm de acero dulce. Cada una de las capas era de 76,2 x 152,4 mm, la distribución de la capa de explosivo era de 2,32 gr. por cm^2 y el espaciamento era de 0,1498 mm. Después de la detonación del explosivo, la capa de aluminio quedó firmemente unida al acero dulce.
- 10.

EJEMPLO 9

- Se aplicó una capa de tantalio de 0,254 mm sobre una placa de 101,6 x 127 mm de acero dulce de un espesor de 12,7 mm mediante el procedimiento del Ejemplo 5. Las condiciones fueron: espaciamento de 0,1498 mm. y 1,55 gr. de explosivo por cm^2 . Resultó un excelente revestimiento.
- 15.

EJEMPLO 10

- Se empleó el procedimiento del Ejemplo 5 para preparar un compuesto de 152,4 x 228,6 mm. de "Hastalloy" C de 1,587 mm sobre acero dulce de 12,7 mm. La lámina de explosivo era una versión ligeramente modificada de la composición del Ejemplo 1, con un peso por unidad de área de 2,32 gr. por cm^2 ; contenía un 72% de plomo rojo, un 8% de aglutinante y un 20% de TNPE y detonó a una velocidad de unos 4.000 metros por segundo. El espaciamento dispuesto entre el "Hastalloy C" y el acero dulce era de 0,3505 mm. y se efectuó la iniciación de la capa de explosivo, en este
- 20.
- 25.
- 30.

417927

- 15 -

16



caso, mediante un generador de ondas lineales.

EJEMPLO 11

5. Se preparó un conjunto revestido de tantalio sobre cobre de 76,2 x 152,4 mm usando la técnica del - Ejemplo 5. El grosor de la capa de tantalio era de 0,254 mm. y el de la capa de cobre de 1,587 mm. El peso del - explosivo era de 1,55 gr/cm² y el espaciamiento establecido de 0,1498 mm.

EJEMPLO 12

10. Se preparó un revestimiento de acero inoxidable de 1.219,2 x 2.638,4 mm. sobre acero dulce mediante la - técnica del Ejemplo 5. La composición explosiva fue la - empleada en el Ejemplo 10 y la distribución del peso era de 1,86 gr/cm². Se usó un espaciamiento de 0,3505 mm. La
15. capa de revestimiento tenía un grosor de 0,795 mm. y la capa básica uno de 19,05 mm.

EJEMPLO 13

20. Se empleó una composición explosiva que contenía un 35% de TNPE, un 50% de plomo rojo y un 15% del - aglutinante de caucho butílico - resina terpénica del - Ejemplo 1. Esta composición se dispone también fácilmente en láminas flexibles y tiene una velocidad de detonación de unos 5.000 metros por segundo. Se empotró una placa de acero dulce de 254 x 254 x 1,27 mm. en un bloque -
25. de un cemento de yeso duro. Por encima de esta placa se colocó en alineamiento dimensional una placa de 254 x 254 x 1,27 mm. de magnesio provista de varios hoyuelos - superficiales uniformes que servían para sostenerla a una distancia por encima de la placa básica de acero de 0,507
30. mm. Una capa del explosivo antes mencionado, dimensional-

417927



- mente adaptada y que contenía una carga de explosivo de 0,465 gr. por cm^2 , se colocó sobre la superficie superior de la placa de magnesio y se fijó un iniciador eléctrico comercial nº 6 a un borde de esta capa de explosivo, iniciándose ésta seguidamente. Tras un examen de la placa compuesta formada, se observó que ambas capas estaban firme y uniformemente unidas entre sí. El examen microscópico reveló toda ausencia de grietas o defectos en la unión y los esfuerzos realizados para separar mecánicamente las capas resultaron infructuosos.
- 5.
- 10.

EJEMPLO 14

- Se emplearon el procedimiento y el explosivo y su cantidad descritos en el Ejemplo 13 para aplicar una capa de titanio de 0,076 mm. a una lámina de aluminio de 1,27 mm. Las dimensiones de las capas eran de 254 x 254 mm. y su espaciamento de 0,381 mm.
- 15.

EJEMPLO 15

- Se preparó un compuesto de Inconel sobre acero dulce por el procedimiento y con el explosivo y cantidad del mismo del Ejemplo 13. Ambas capas de Inconel y de acero eran de 1,27 mm. de grosor y sus dimensiones eran de 254 x 254 mm. El espaciamento era de 0,508 mm.
- 20.

EJEMPLO 16

- Se aplicó firmemente una capa de "Nichrome" de 0,0254 mm. a una capa básica de tungsteno por el procedimiento del Ejemplo 13. El explosivo y cantidad empleados fueron iguales a los del Ejemplo 10 y el espaciamento fue de 0,076 mm. La capa de tungsteno tenía 1,27 mm. de grosor.
- 25.

30.

417927

- 17 -

16 AGO



EJEMPLO 17

5. Se preparó un revestimiento de Nichrome sobre molibdeno por el procedimiento del Ejemplo 16, empleando una capa de 1,27 mm. de molibdeno en lugar de la capa de tungsteno.

EJEMPLO 18

10. Se aplicó un revestimiento de 0,076 mm. de una aleación 90/5/4 de titanio/aluminio/vanadio a una lámina cuadrada de tungsteno de 25,4 x 25,4 x 1,27 mm. por el procedimiento descrito en el Ejemplo 13. El espaciamiento fue de 0,076 mm. y el explosivo y su cantidad fueron los del Ejemplo 13. La unión formada resultó excelente.

EJEMPLO 19

15. Se aplicó una capa de 0,1778 mm. de una aleación 80/10/10 de niobio/titanio/molibdeno a una lámina de molibdeno de 25,4 x 25,4 x 1,27 mm. mediante el procedimiento y el explosivo del Ejemplo 13, con un espaciamiento de 0,254 mm.

EJEMPLO 20

20. Se colocó una placa de molibdeno de 2,54 mm. de grosor y de unas dimensiones de 25,4 x 101,6 mm. sobre una placa de soporte de acero. Se sostuvo una lámina de acero dulce de 25,4 x 101,6 x 0,127 mm. directamente por encima de la placa de molibdeno a una distancia de 0,635 mm. por medio de hoyuelos dispuestos en las esquinas de la lámina de acero. Se encoló sobre la superficie superior de esta lámina de acero una capa de 25,4 x 101,6 mm. del explosivo del Ejemplo 13, que tenía una carga de explosivo de 0,31 gr. por cm². Tras la iniciación del explosivo en un borde, se observó que ambos metales esta -
- 25.
- 30.

417927

- 18 -



ban firmemente unidos entre sí, no siendo detectable ninguna evidencia de agrietamiento.

EJEMPLO 21

- Se enrolló una lámina de titanio de 152,4 mm. de anchura por 254 mm. de longitud y 0,203 mm. de espesor alrededor de un mandril de hierro cilíndrico con una superposición de 25,4 mm. aproximadamente. Un borde de la lámina estaba provisto de pequeñas indentaciones, de manera que los dos bordes entrecortados estaban separados por un hueco de aire. Se dispuso una tira del explosivo del Ejemplo 13, de longitud igual a la de la lámina, contiguamente al borde superpuesto de ésta y se inició por un extremo de la tira. El tubo de titanio así formado era uniforme y carecía de grietas u otras imperfecciones. La costura era de excelente resistencia mecánica y un examen metalúrgico reveló toda ausencia de discontinuidades.

EJEMPLO 22

- Se aplicó un revestimiento de acero inoxidable de 0,236 mm. de grosor a molibdeno y tungsteno como sustratos, mediante el procedimiento del Ejemplo 13, utilizando la composición explosiva del Ejemplo 1. El espaciamiento era de 0,38 mm. en cada caso, las dimensiones de las capas metálicas eran de 50,8 x 50,8 mm. y el espesor de las capas básicas de molibdeno y tungsteno era de 0,99 y 0,533 mm. respectivamente.

EJEMPLO 23

- Se aplicó como revestimiento una capa de titanio de 1,01 mm. de grosor a Inconel mediante el procedimiento del Ejemplo 22. La capa básica de Inconel era de

417927

- 19 -

16 AGO 1979

1,39 mm. de grosor. El espaciamiento era de 0,38 mm. y las dimensiones de las capas eran de 50,8 x 50,8 mm. Se consiguió una buena unión.

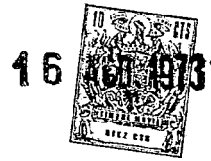
- Los siguientes Ejemplos 24 a 33 ilustran la aplicación del procedimiento de la presente invención en relación con la preparación de sistemas revestidos del tipo de capas múltiples o de "emparedado", es decir, conjuntos que tienen más de dos capas. En cada uno de estos ejemplos, la composición explosiva empleada consistía en un 70% de plomo rojo y un 20% de TNPE con un 10% de aglutinante, como -
5. la del Ejemplo 1.
- 10.

EJEMPLO 24

- Se colocó una placa de 152,4 x 228,6 x 12,7 mm. de acero tipo 1015 sobre un bloque de soporte de madera -
15. contrachapada. Se colocó una capa de cobre de 0,457 mm. de dimensiones correspondientes sobre la placa de acero sostenida y espaciada de la misma a una distancia de 0,1498 mm. mediante partículas de hierro. Luego se dispuso una capa -
20. de 1,587 mm. de grosor de acero inoxidable sobre la capa de cobre, espaciada también de ella por una distancia de 0,1498 mm. mediante partículas de hierro. La superficie superior expuesta de la capa de acero inoxidable se cubrió -
25. con una capa protectora de cinta y luego con una lámina del explosivo, que tenía una distribución de peso de 1,55gr. por cm². Se fijó un iniciador eléctrico a una esquina de -
30. la lámina de explosivo y se detonó éste. Un examen del resultante compuesto de acero inoxidable-cobre-acero 1.015 mostró que se había producido una firme unión metalúrgica en ambas interfases. No se detectó ninguna deformación o distorsión superficial.

417927

- 20 -



EJEMPLO 25

5. Se preparó un compuesto de acero inoxidable-cobre-acero dulce-latón amarillo de 152,4 x 228,6 mm. de la manera descrita en el Ejemplo 24, utilizando un espaciamiento en cada interfase de 0,1498 mm. y una distribución del explosivo de 3,1 gr. por cm^2 . Los espesores de las capas de acero inoxidable, cobre, acero dulce y latón amarillo eran, respectivamente, de 1,587 mm. 1,587 mm. 1,587 mm. y 3,12 mm.

10.

EJEMPLO 26

15. Se preparó un compuesto de 152,4 x 228,6 mm. de un espesor de 1,587 mm. de acero inoxidable sobre 0,795 mm. de aluminio sobre 12,7 mm. de acero dulce por el procedimiento del Ejemplo 24. El espaciamiento dispuesto en cada interfase era de 0,1498 mm. y la distribución del explosivo era de 2,32 gr. por cm^2 .

EJEMPLO 27

20. Se preparó un compuesto de 152,4 x 228,6 mm. de acero inoxidable-acero dulce-latón-acero dulce mediante la técnica descrita en el Ejemplo 24. El espaciamiento en cada interfase era de 0,1498 mm. la distribución del explosivo era de 3,1 gr. por cm^2 y el espesor de las capas de acero inoxidable, acero dulce, latón y acero dulce era respectivamente de 1,587, 0,304, 0,795 y 12,7 mm.

25.

EJEMPLO 28

30. Se preparó un artículo de fabricación de cinco capas, de 152,4 x 228,6 mm. compuesto de acero inoxidable sobre acero dulce sobre cobre sobre acero dulce sobre acero inoxidable de la manera descrita en el Ejemplo 24. El espesor de las capas era el siguiente: acero, 1,587 mm. -

417927

- 21 -



acero dulce, 0,304 mm. cobre, 1,587 mm. El espaciamiento entre las capas era de 0,1498 mm. y la distribución de explosivo era de 3,1 gr. por cm^2 .

EJEMPLO 29

5. Se preparó un artículo de fabricación compuesto de titanio sobre cobre sobre acero inoxidable de forma cuadrada de 304,7 mm. como sigue. Se sostuvo una capa de cobre de 1,587 mm. sobre una capa de acero inoxidable de 0,203 mm. a una distancia de 0,0736 mm. mediante partículas de polvo de hierro (que pasaban una malla nº 200 y que daban retenidas en una del nº 325). Análogamente, se colocó una capa de titanio de 0,076 mm. por encima de la capa de cobre a una distancia de 0,0736 mm. mantenida por partículas de hierro. La superficie superior del titanio se cubrió con una película de tereftalato de polietileno (película poliéster "Mylar" fabricada por E.I. du Pont de Nemours & Co.) de 0,054 mm. de grosor y los bordes de todo el conjunto se impermeabilizaron al agua mediante la aplicación de cinta. Se encoló una lámina del explosivo, con una distribución de peso de 2,32 gr. por cm^2 , a la superficie inferior interna de una caja abierta destinada a ajustarse sobre el conjunto de capas metálicas. La profundidad interna de la caja era suficiente para proporcionar un espacio de 19,05 mm. entre la capa de explosivo y la de titanio al invertirse y fijarse firmemente la caja sobre las capas metálicas. Se fijó un iniciador a la lámina de explosivo por una esquina, se colocó la caja sobre las capas metálicas, se sumergió todo el conjunto en agua y se detonó el iniciador. El compuesto formado se calentó a 580°C y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos.

417927

- 22 -



Después de enfriar en aire a temperatura ambiente, se dobló el compuesto 90° alrededor de un mandril cilíndrico. No se produjo ningún agrietamiento ni separación.

EJEMPLO 30

5. Se empleó la técnica del Ejemplo 29 para preparar un laminado de dieciseis capas de $152,4 \times 152,4$ mm compuesto de capas alternas de $0,127$ mm. de acero dulce y $0,127$ mm. de acero inoxidable austenítico. La distribución del explosivo era de $1,55$ gr. por cm^2 y el espaciamento -
10. establecido entre cada capa era de $0,1498$ mm. Se empleó una capa de agua de $25,4$ mm. de grosor entre el explosivo y la capa metálica superior. El laminado así producido quedó uniformemente unido y no se observó ninguna imperfección ni irregularidad.

15.

EJEMPLO 31

- Se preparó un artículo de fabricación compuesto de aluminio sobre cobre sobre acero dulce de $76,2 \times 152,4$ mm. empleando una capa de explosivo de $2,32$ gr. por cm^2 y un espaciamento (formado por partículas uniformes de polvo de hierro) entre cada una de las capas metálicas de $0,1498$ mm. La superficie superior del aluminio se protegió mediante una capa de $25,4$ mm. de espuma de poliestireno, se sellaron los bordes del conjunto con cinta y se sumergió el conjunto en agua al detonarse el explosivo. Las capas de aluminio, cobre y acero dulce eran de $3,17$, $1,587$ y $12,7$ mm. de grosor, respectivamente.
- 20.
- 25.

EJEMPLO 32

- Se preparó un artículo de fabricación compuesto de tantalio sobre cobre sobre acero dulce de $101,6 \times 127$ mm. empleando una capa protectora de espuma de poliestireno y -
- 30.

417927

- 23 -



5. sumergiendo el conjunto en agua antes de la detonación , como se describe en el Ejemplo 31. El espaciamiento empleado fue de 0,3505 mm. y el peso del explosivo era de 2,32 gr. por cm^2 . El espesor de las capas metálicas era el siguiente: tantalio, 0,254 mm. cobre, 1,587 mm. y acero dulce 12,7 mm.

EJEMPLO 33

10. Se empleó la composición explosiva del Ejemplo 1 para preparar un compuesto de 76,2 x 152,4 mm. de plata sobre acero dulce. La distribución del explosivo era de 1,92 gr. por cm^2 y se empleó la técnica descrita en el Ejemplo-29 para proporcionar una capa de agua de 6,34 mm. entre la capa de explosivo y la plata. Se formó un espaciamiento de 0,8331 mm. entre el acero y la plata mediante partículas -
15. de polvo de hierro (que pasaban a través de una malla nº 20 y quedaban retenidas en una del nº 45) y se efectuó la iniciación mediante un generador de ondas lineales.

20. Aunque no pretendemos limitarnos por ninguna teoría de operación, creemos que el fenómeno de unión anteriormente descrito es atribuible a una acción de "chorro" que tiene lugar, como se ilustra esquemáticamente en la figura 3. Cuando se inicia la capa de explosivo, la detonación avanza a través del resto de dicha capa a la velocidad de detonación de la composición explosiva. Las presiones producidas por la detonación actúan así progresivamente sobre
25. la capa de material de revestimiento propulsándola hacia el material a revestir. Si la capa de metal de revestimiento es paralela a la superficie del metal a revestir, la porción del metal de revestimiento más próxima al punto o puntos de iniciación establecerá contacto con la superficie -
30.

417927



del metal a revestir, mientras otras porciones permanecen estacionarias o se dirigen hacia la superficie (véase figura 3). Si las condiciones son adecuadas, se producirá un "chorro" compuesto de capas superficiales de ambos metales, cuyo chorro se dirige hacia el espacio hasta entonces inocupado entre la capa de metal de revestimiento y la superficie del metal revestido. El material impulsado a chorro es puesto en recirculación para establecer un íntimo mezclado de los dos metales. La retirada de las capas superficiales metálicas y la fusión bajo elevada presión del metal previamente subyacente tiene por resultado la deseada unión.

No se obtendrá una unión efectiva si la capa metálica de revestimiento choca en conjunto al desplazarse en una dirección generalmente normal a la superficie del metal a revestir. Tales condiciones se darán en el caso de capas metálicas paralelas en las que una de ellas es impulsada por un explosivo iniciado de modo esencialmente simultáneo en toda su superficie, como por un generador de ondas planas, o si la carga explosiva se coloca a una sustancial distancia, es decir, superior a unas pulgadas, de la capa de revestimiento y la presión se transmite a través de un medio relativamente denso. En este último caso, el efecto del espaciamiento sería el aproximar la iniciación simultánea sobre toda la superficie. Para conseguir el resultado deseado, ha de iniciarse una capa explosiva de manera que la detonación se propague paralelamente a la capa revestidora. Naturalmente, las dimensiones de la capa explosiva han de corresponder a las del área en que se desea efectuar el revestimiento.

Un aspecto esencial y crítico de la presente inven

16 AGO



417927 - 25 -

- ción es el uso de un explosivo que tenga una velocidad de detonación no superior al 120 % aproximadamente de la velocidad del sonido en el metal del sistema que tenga la más elevada velocidad sónica. Por "metal" queremos indicar en el párrafo anterior un componente o capa metálicas del sistema de revestimiento que en cualquier caso puede ser un metal elemental o una mezcla de ellos, es decir, una aleación. Cuando la velocidad de detonación del explosivo excede de esta limitación, se producen con frecuencia ondas de choque oblicuas que eliminan los fenómenos de "chorro" antes referidos e impiden la formación de una buena unión de metal a metal. Asimismo, en los casos en que se forme un chorro, se producen a menudo efectos secundarios, tales como distorsión de las placas y agrietamiento de la capa de unión.
- 5.
- 10.
- 15.

- Aunque anteriormente nos hemos referido varias veces a la "velocidad del sonido" y a la "velocidad sónica" de los metales, los expertos en la materia reconocerán que estos términos tienen significados algo diferentes en distintas circunstancias. Por ejemplo, tales términos tendrán un diferente significado para el físiico cuando se refieran a fenómenos de ondas de choque plásticas en sólidos, en contraste con los fenómenos de ondas de choque elásticas. Es al primero al que nos referimos a los efectos de la presente invención. Los términos "velocidad del sonido" y "velocidad sónica", tal como se emplean a lo largo de esta solicitud en relación con metales y sistemas metálicos, se refieren a la velocidad de la onda de choque plástica que se forma cuando una tensión aplicada supera justamente el límite elástico para una compresión unidimensional del particular
- 20.
- 25.
- 30.

417927

- 26 -

16 AGO.



metal o sistema metálico implicado. El valor de esta velocidad sónica puede obtenerse por medio de la relación:

$$V = \sqrt{K/d}$$

5. en la que "V" es la velocidad sónica en cm/segundo, "K" es el módulo de elasticidad cúbica adiabático en dinas/cm² y "d" es la densidad en g/cm³. Los valores de "K" pueden obtenerse de valores del módulo de Young, "E" y relación de Poisson, "v", por medio de la relación:

10.

$$K = E / (1 - 2v)$$

Los valores de "d" y "K" ó "E" y "v" son fácilmente obtenibles en la literatura (véase, por ejemplo, el American Institute of Physics Handbook, McGraw-Hill, Nueva York, 1957).

15.

Como variante, la velocidad sónica puede determinarse a partir de valores publicados de la velocidad de la onda de choque plástica en función de la velocidad de partículas comunicada al metal por la onda de choque de la manera descrita por R.G. McQueen y S.P. Marsh en el Journal of Applied Physics 31 (7), 1253 (1960).

20.

En los casos en que no se disponga de datos en la literatura, los valores de "V" pueden obtenerse efectuando mediciones de ondas de choque como describen R.G. McQueen y S.F. Marsh (en la referencia citada) y en referencias indicadas por ellos. También "V" puede terminarse a partir de la relación:

25.

$$V = \sqrt{C_L^2 - (4/3)C_s^2}$$

30.

donde "C_L" es la velocidad de las ondas compresivas elás-

417927

- 27 -

16

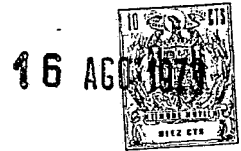


5. ticas y " C_s " es la velocidad de las ondas de cizalleo elásticas en el metal. Las requeridas velocidades de las ondas elásticas pueden medirse por métodos bien conocidos. A efectos ilustrativos, en la siguiente tabla se exponen valores de velocidad sónica aquí empleados para metales representativos:

	<u>METAL</u>	<u>VELOCIDAD SONICA m/seg.</u>
	Cinc	3.000
	Cobre	4.000
10.	Magnesio	4.500
	Niobio	4.500
	Acero inoxidable austenítico	4.500
	Níquel	4.700
	Titanio	4.800
15.	Hierro	4.800
	Molibdeno	5.200
	Aluminio	5.500

20. Además de la máxima limitación en la velocidad de detonación del explosivo empleado, hemos observado que éste último ha de tener una velocidad mínima de detonación de unos 1.200 metros por segundo por lo menos. Las composiciones explosivas que detonan a una velocidad inferior a ésta dejarán a menudo de desarrollar la energía necesaria para la formación del "chorro" expuesta anteriormente y por lo tanto dejarán de unir firmemente los metales dentro del sentido y ámbito de la presente invención.

30. Como se muestra por los ejemplos, el nuevo procedimiento de unión es aplicable a una amplia variedad de metales, como aluminio, acero, hierro, titanio, niobio, - cromo, cobalto, níquel, berilio, magnesio, molibdeno, tungst



teno, tantalio, vanadio, zirconio, plata, platino, cobre, oro y sus aleaciones, así como otros metales, muchos de los cuales son muy difíciles de unir por cualquiera de las técnicas convencionales. Cada una de las capas puede ser de un solo metal o bien pueden estar constituidas --

5. por aleaciones de dos o más metales individuales o bien cualquiera de tales capas puede ser un compuesto de dos o más capas simples.

No sólo es el procedimiento adecuado para la -

10. preparación de placas o láminas planas, sino que también, como se muestra en el Ejemplo 21, es posible la preparación de tubos y otras formas a partir de un material difícilmente soldable. En la práctica comercial, la capa -

15. básica será con frecuencia una herramienta o unidad de equipo a la que ha de fijarse la capa de revestimiento. --

Generalmente, la solidez de la unión será mayor que la -

resistencia tensil del metal más débil. La ductilidad del material unido es también comparable a la de las capas -

no unidas y con frecuencia puede incrementarse mediante

20. un suave tratamiento térmico.

Un aspecto particularmente sorprendente y ventajoso de los nuevos sistemas revestidos de la presente -

invención es el de que la zona de unión continua que jun -

ta a las dos capas será de composición homogénea en su -

25. totalidad. En los métodos de revestimiento convencionales, la zona unida está compuesta de una secuencia graduada -

de composiciones que son progresivamente más ricas en el metal de la capa más próxima e inversamente de una pobre -

za progresivamente mayor en la capa más alejada. El si -

30. guiente ejemplo ilustra este aspecto de la invención.

417927

- 29 -

16

EJEMPLO 34

- Se realizó una serie de 26 revestimientos de níquel sobre cobre empleando el explosivo del Ejemplo 1 con una distribución de 0,775 gr. por cm^2 , variándose el espaciado entre las capas de níquel y cobre con incrementos de 0,0431 mm a 4,06 mm. La lámina de explosivo se espació 6,35 mm. de la capa revestidora, llenándose el espacio con agua de acuerdo con la técnica descrita en el Ejemplo 29. Las capas metálicas medían 101,6 x 101,6 x 0,533 mm. Subsiguientes estudios de difracción de rayos X efectuados sobre la zona propulsada de cada uno de los revestimientos mostró que en cada caso se produjo una idéntica estructura cúbica de caras centradas. El parámetro reticular obtenido para el material propulsado fue de 3,575 \pm 0,003 A., independientemente del espaciado empleado y de la porción de la zona propulsada examinada. Una composición de cobre-níquel dotada de un parámetro reticular de 3,575 A. está formada por un 33% de níquel y un 67% de cobre.
- El método empleado para proporcionar el requerido espaciado entre las capas metálicas no es crítico. Tal como hemos mostrado, pequeñas partículas de metal interpuestas entre las capas funcionan de modo completamente satisfactorio. Pueden emplearse también pequeñas proyecciones en la superficie de la capa superior o pequeños salientes en la superficie de la capa inferior. Evidentemente, los medios de soporte no deberán ocultar grandes áreas de las superficies de los metales si se desea una unión en tales áreas.
- Es deseable que los metales estén relativamente

417927

- 30 -

16 AGO 1973



libres de impurezas superficiales. Cuando las superficies no están limpias, ordinariamente resulta adecuada una limpieza de las mismas con un abrasivo suave, seguida de riego con un disolvente, para eliminar cualesquiera impurezas que obstaculizasen la adherencia o diesen lugar a zonas quebradizas. Sin embargo, para el presente procedimiento no son necesarias las intensas y elaboradas operaciones de limpieza requeridas para otros métodos de unión.

5. Tampoco es crítico para la práctica de la invención un medio de soporte rígido para la capa básica; sin embargo, la presencia de un medio de soporte ayuda a evitar la distorsión del conjunto formado. La madera contrachapada, debido a su bajo costo, representa un material de soporte satisfactorio.

10. Como se muestra en los anteriores ejemplos, en algunos casos es ventajoso disponer de una capa de material inerte o neutralizador, tal como películas de poliester, agua o una delgada capa de cinta, entre la capa de explosivo y la superficie del metal revestidor como auxiliar en el mantenimiento de una superficie lisa e incontaminada.

15. La capa de explosivo puede iniciarse mediante cualquier dispositivo iniciador convencional, por ejemplo una cápsula de voladura, un fusible detonante, alambres de explosión, etc. La situación del origen de la iniciación en la capa de explosivo no es crítica siempre que no sea simultáneamente iniciada la totalidad de la capa. Así, la fuente u origen de la iniciación puede estar en una esquina, lo cual es preferible debido al mayor área unida que proporciona, a lo largo de un borde o en el centro de

25.
30.

417927

16 A



- 31 -

- la capa de explosivo, o bien puede emplearse una serie de orígenes de iniciación o un generador de ondas lineales para iniciar un borde completo de la capa simultáneamente. La cantidad de explosivo usada no es crítica, siempre que se halle presente una carga suficiente para propulsar las capas con adecuada velocidad para la obtención de la deseada unión. La particular cantidad y carga de explosivos adecuadas en cada caso resultarán fácilmente evidentes para un experto en la materia considerando factores tales como el tipo de explosivo, grosor de la capa metálica, etc. Evidentemente, una cantidad excesiva de explosivo causará una indeseada deformación y deberá evitarse.
- 5.
- 10.

- Evidentemente, si se desea, a fin de conservar la cantidad de explosivo requerida, puede colocarse un conjunto revestidor sobre ambas superficies de la capa de explosivo. Así, pueden prepararse dos sistemas revestidos en una sola operación.
- 15.

- Habiendo descrito plenamente la invención en lo que antecede, pretendemos limitarnos solamente por las siguientes reivindicaciones.
- 20.

NOTA

- La Patente de Introducción, que se solicita por diez años, para España, de acuerdo con la vigente Legislación, deberá recaer sobre "PROCEDIMIENTO PARA LA UNION DE METALES MEDIANTE EXPLOSIVOS", citándose como Fuente de Procedencia Patente USA 3.137.937, según las características esenciales de las siguientes:
- 25.

REIVINDICACIONES

30. 1ª.- Procedimiento para la unión de metales -

417927

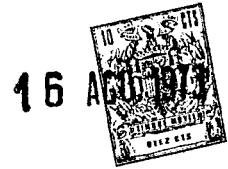
- 32 -



- mediante explosivos, tal como para unir entre sí capas metálicas dúctiles para formar un cuerpo de múltiples - capas metálicas en el que cada una de éstas se une a - su capa opuesta mediante una unión metalúrgica sustan- cialmente continua caracterizada por la presencia de -
5. una mezcla homogénea de los metales de las respectivas capas opuestas, cuyo procedimiento comprende la susten- tación de una capa metálica por lo menos, separada de una capa metálica adyacente por un espacio de 0,254 mm.
10. por lo menos y en relación sustancialmente paralela con la misma, la colocación de una capa de un explosivo de- tonante sobre la superficie exterior de una de las ca- pas metálicas, teniendo dicho explosivo una velocidad - de detonación superior a 1.200 metros por segundo pero
15. inferior al 120% de la velocidad sónica del metal dota- do de la máxima velocidad sónica del sistema, y la ini- ciación de dicho explosivo de manera que la detonación se propague paralelamente a las citadas capas metálicas, siendo la carga de dicho explosivo por lo menos suficien- te para producir una presión tras la colisión de dichas
20. capas metálicas, siendo esta presión superior al límite elástico del metal que tiene el más bajo límite elásti- co del sistema y suficiente para causar la unión entre las referidas capas.
25. 2ª.- Procedimiento para la unión de metales - mediante explosivos, según reivindicación 1ª, que com- prende la sustentación de una capa metálica por lo me- nos, separada de una capa metálica adyacente por un es- pacio de 0,0254 mm. por lo menos y en relación sustan- cialmente paralela con la misma, la colocación de una -
- 30.

417927

- 33 -



- capa de un explosivo detonante sobre la superficie exterior de una de las capas metálicas, teniendo dicho explosivo una velocidad de detonación superior a 1.200 metros por segundo pero inferior a la velocidad sónica del metal dotado de la más elevada velocidad sónica del sistema, y la iniciación de dicho explosivo de manera que la detonación se propague paralelamente a las referidas capas metálicas, siendo la carga de dicho explosivo por lo menos suficiente para producir una presión tras la colisión de las mencionadas capas metálicas, cuya presión es superior al límite elástico del metal dotado del más bajo límite elástico del sistema y suficiente para causar la unión entre dichas capas.
- 5.
- 10.

- 3a.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según reivindicaciones anteriores que comprende la sustentación de una capa metálica por lo menos, separada de una capa metálica adyacente por un espacio de 0,0254 mm. por lo menos y en relación sustancialmente paralela con ella, la colocación de una capa de un explosivo detonante sobre la superficie exterior de una de las capas metálicas, teniendo dicho explosivo una velocidad de detonación de 1.200 a 5.500 metros por segundo e inferior a la velocidad sónica del metal dotado de la más elevada velocidad sónica del sistema, y la iniciación de dicho explosivo de manera que la detonación se propague paralelamente a dichas capas metálicas, siendo la carga de tal explosivo por lo menos suficiente para producir una presión tras la colisión de dichas capas metálicas, cuya presión es superior al límite elástico del metal dotado del más bajo límite elástico del sistema, siendo su-
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

417927

- 34 -

16



ficiente la referida presión para propulsar porciones - de las superficies opuestas de tales capas metálicas ha- cia el espacio comprendido entre estas capas y para unir éstas últimas.

5. 4ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que la capa sustentada es sostenida por una serie de proyecciones dispuestas en su superficie.
10. 5ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que el soporte es proporcionado por partículas metálicas diseminadas de tamaño relativamente uniforme.
15. 6ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que la capa revestidora y la capa básica son extremos superpuestos de una sola lámina metálica, produciéndose así - una estructura de recipiente.
20. 7ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que los metales que comprenden dichas capas metálicas son seleccionados entre el grupo consistente en hierro, titanio, aluminio, niobio, tantalio, cromo, cobalto, níquel, molibdeno, berilio, tungsteno, magnesio, cobre, vanadio, zirconio, plata, platino, oro y sus aleaciones.
25. 8ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que el resultante cuerpo de capas múltiples recibe un tratamiento térmico restaurador de su ductilidad.
30. 9ª.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos, según la reivindicación 1ª, en el que se interpone una capa de material neutralizador entre la

417927

- 35 -

16 AGO 1973



capa de explosivo y la capa metálica adyacente.

- 10^a.- Procedimiento para la unión de metales mediante explosivos según reivindicaciones anteriores, tal como para unir entre sí dos capas metálicas dúctiles
5. de metales seleccionados entre el grupo consistente en - hierro, titanio, niobio, tantalio, níquel, magnesio, cobre, zirconio y sus aleaciones, para formar un cuerpo de múltiples capas metálicas en el que cada una de éstas se une a su capa opuesta por una unión metalúrgica sustan -
10. cialmente continua caracterizada por la presencia de una mezcla homogénea de los metales de las respectivas capas opuestas, que comprende la sustentación de una capa metálica por lo menos, separada de una capa metálica adyacente por un espacio de 0,05079 a 12,7 mm, aproximadamente
15. y en relación sustancialmente paralela con la misma, la colocación de una capa de explosivo detonante junto a la superficie exterior de una de las capas metálicas, teniendo dicho explosivo una velocidad de detonación superior a 1.200 metros por segundo pero inferior a la velocidad sónica del metal del sistema que tenga la más elevada velocidad sónica, y la iniciación de dicho explosivo de manera que la detonación se propague paralelamente a dichas capas metálicas, siendo la carga de dicho explosivo por lo menos suficiente para producir una presión tras la colisión de las capas metálicas, cuya presión es superior al límite elástico del metal del sistema y suficiente para causar la unión entre dichas capas.
- 20.
- 25.

11^a.- Procedimiento para la unión de metales - mediante explosivos, según la reivindicación 10^a, en el que una de dichas capas es de acero.

30. N,

417927

- 36 -



12ª.- Procedimiento para la unión de metales -
mediante explosivos, según la reivindicación 11ª, en el
que las citadas capas son acero inoxidable y acero dulce.

13ª.- PROCEDIMIENTO PARA LA UNION DE METALES ME
5. DIANTE EXPLOSIVOS.

Según queda sustancialmente descrito en la pre-
sente Memoria Descriptiva, que consta de treinta y seis -
hojas escritas a máquina por una sola cara y acompañada -
de dibujos.

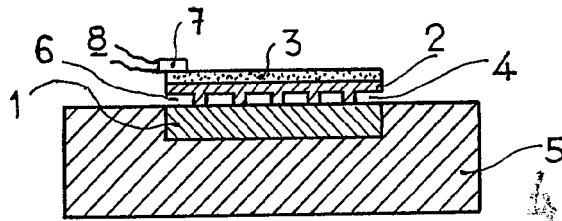
10.

Madrid, 16 AGO. 1973

UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.

P.P.

15.



417927

Fig. 1

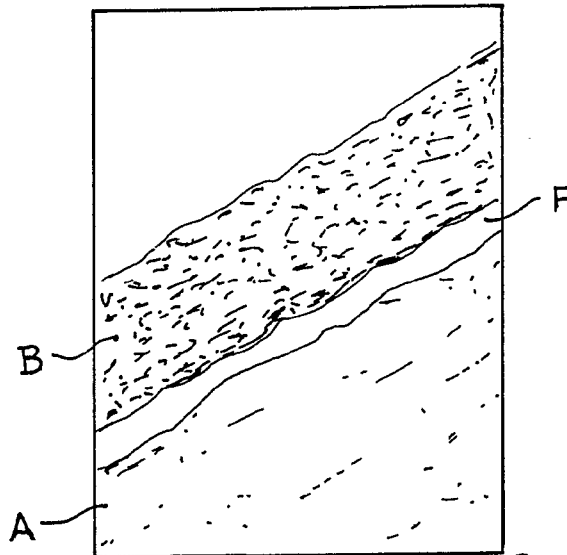


Fig. 2

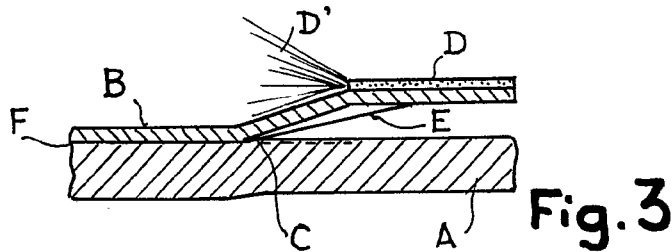


Fig. 3

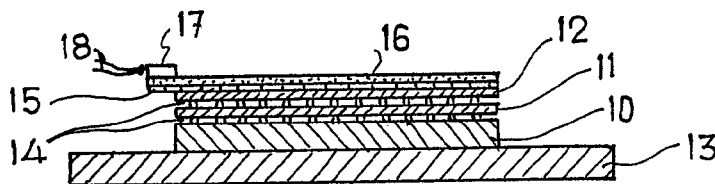


Fig. 4

Escala variable

Madrid, 4 de Mayo 1973
 UNION EXPLOSIVOS RIOTINTO S.A.
 P. P.