

421 888

PATENTE DE INTRODUCCION



Int. Cl.: B 23 P // B 23 K

CONCEDIDA

MEMORIA DESCRIPTIVA

Sobre:

METODO DE OBTENCION DE UN ARTICULO METALICO MULTIESTRATIFICADO, EXPLOSIVAMENTE UNIDO

Solicitante: UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A., con domicilio en MADRID-1, P^a de la Castellana, 20.

La presente invención se relaciona con un nuevo -
procedimiento para la unión de metales. Específicamente la
invención implica un método de unión de superficies metáli-
cas y en particular para revestir una superficie metálica -
5. con una o más capas del mismo u otro metal, relacionándose
asimismo la invención con nuevos artículos de fabricación -
que son producidos por este procedimiento.

El uso de metales revestidos o compuestos como ma-
teriales de construcción ha pasado a constituir en los últi-
10. mos años una práctica muy utilizada. Tales materiales reves-
tidos 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 elevada resistencia a la corrosión u oxidación, no -
15. características del metal básico. En la mayoría de los casos,
el metal que forma la capa de revestimiento es considerable-
mente más costoso que el metal básico al que se aplica. Por -
consiguiente, resulta posible un considerable ahorro económi-
co mediante el empleo de una delgada capa del costoso metal,
20. en lugar de una capa gruesa. Naturalmente, esta economía es
grandemente incrementada cuando se emplean materiales reves-
tidos en la construcción de grandes piezas de equipo, tales -
como tuberías de conducción, tanques de almacenamiento y reci-
pientes de tratamiento para grandes plantas químicas.

Un segundo aspecto ventajoso del uso de metales re-
vestidos deriva 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 térmi-
cas o resistencia a la compresión para permitir su empleo como
30. tal en aplicaciones en las que se producirán tensiones. Así,



además de la economía proporcionada por el uso del metal menos costoso, la resistencia estructural y rigidez que puede comunicar al sistema compuesto representan un importante y valioso factor en los conjuntos compuestos.

5. Además de los usos antes mencionados de los 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 usan principalmente en aplicaciones a elevadas temperaturas, mediante una capa de material resistente a la oxidación, tal como "Nichrome".

10. Existe una variedad de métodos para unir un metal a la superficie de otro y formar un conjunto compuesto de capas múltiples; sin embargo, cada uno de estos métodos presenta determinadas desventajas que hacen que resulten desventajosos o totalmente inadecuados, bajo ciertas circunstancias.

15. El más antiguo de los procedimientos comerciales de aplicación de una capa de metal a otro metal es el comúnmente conocido por "inmersión en caliente", cuando se aplica a revestimientos de zinc, "galvanización". Esencialmente, el método consiste en sumergir el artículo a revestir en un baño de metal fundido durante un 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 de inmersión en caliente son: (1) es difícil controlar con precisión el espesor de la capa exterior o su distribución sobre la superficie y (2) ciertos metales no se alean con otros o bien forman fases quebradizas nocivas, lo que -



imposibilita desde un punto de vista práctico la producción de una capa continua con combinaciones de tales metales. - Debido a las dificultades asociadas a la manipulación de grandes cantidades de metales fundidos de elevados puntos de fusión, por ejemplo cobre, níquel, tungsteno y cobalto, así como a la posibilidad de causar indeseables cambios térmicos en el metal básico, el método de inmersión en caliente se ha limitado fundamentalmente a la aplicación de metales de puntos de fusión relativamente bajos.

- 5. Otro procedimiento bien conocido de aplicación de una capa de un metal a otro es el electrogalvanizado. En este procedimiento, el artículo a chapar, después de su cuidadosa limpieza, se sumerge en una solución de un compuesto del metal del que se desea aplicar un revestimiento, pasándose seguidamente una corriente eléctrica a través de la solución, sirviendo de cátodo el objeto a chapar. En la electrogalvanización, son obtenibles capas adherentes cuyo espesor se controla fácilmente y la capa depositada es generalmente de elevada pureza. Sin embargo, el procedimiento es lento y costoso y además la porosidad de la capa depositada y problemas de fragilización que aparecen por efecto del hidrógeno producido imponen serias limitaciones al uso de revestimientos electro-depositados en muchas aplicaciones. Además, el procedimiento no es fácilmente adaptable al depósito de revestimientos de aleaciones.
- 10. El depósito al vapor es un tercer procedimiento de aplicación de una capa de un metal a otro, pero esta técnica ha encontrado uso en un número limitado de situaciones debido a los costosos procedimientos especiales y al riguroso control requeridos. Los revestimientos producidos por el procedimiento
- 15.
- 20.
- 25.

El depósito al vapor es un tercer procedimiento de aplicación de una capa de un metal a otro, pero esta técnica ha encontrado uso en un número limitado de situaciones debido a los costosos procedimientos especiales y al riguroso control requeridos. Los revestimientos producidos por el procedimiento



son generalmente adherentes, flexibles y de un alto grado de pureza. Algunos elementos como el silicio, telurio y selenio, que son difíciles de depositar por otros métodos pueden ser depositados al vapor.

5. 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 variantes de esta técnica de revestimiento por laminación para la producción de láminas, alambres, tiras, etc., revestidos, todas ellas presentan ciertos inconvenientes graves. En primer lugar, el procedimiento es limitado en cuanto a los metales que pueden formar una unión efectiva bajo las condiciones pertinentes. En realidad, existen ciertas combinaciones de metales, por ejemplo tungsteno y niobio, para las cuales ninguno de los procedimientos de unión actualmente conocidos es eficaz. En segundo lugar, bajo las extremadas condiciones de temperatura requeridas para una efectiva laminación en caliente, se forman con frecuencia compuestos intermetálicos quebradizos altamente indeseables o se producen a menudo otros efectos indeseables, tales como adsorción de agentes fragilizantes de la atmósfera circundante. Por consiguiente, se produce otra desventaja de la laminación directa al requerirse costosas y difíciles técnicas, tales como la soldadura hermética a los gases, atmósferas inertes o evacuadas y complicada maquinaria de laminación.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

Así, un objeto principal de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento para la unión de superficies metálicas entre sí. Otro objeto es el de proporcionar un medio en virtud del cual puedan unirse entre sí dos o más

30.



- metales o aleaciones metálicas cualesquiera para formar -
un sistema multiestratificado compuesto. Otro objeto de
la invención es la provisión de sistemas metálicos revestidos en los que la capa de revestimiento es impermeable,
5. uniforme y adherente, por un método que es conveniente y -
económico. Otro objeto es la provisión de conjuntos revestidos únicos a partir de metales que hasta ahora no podían unirse eficazmente entre sí. Al describirse la invención resultarán evidentes otros objetos.
10. Hemos descubierto que los citados objetos se consiguen cuando se sostiene una capa de metal de revestimiento paralelamente a una superficie de un metal a revestir, estando espaciada la superficie interior de dicha capa de metal -
de revestimiento de la superficie del metal a revestir, se -
15. coloca sobre la superficie exterior de dicha capa de metal revestidor una capa de un explosivo detonador de una velocidad de detonación inferior al 120% de la velocidad del sonido en el metal del sistema dotado de la máxima velocidad sónica y seguidamente se inicia dicha capa explosiva. Ordinariamente es deseable emplear un explosivo que tenga una velocidad de detonación no superior a la velocidad del sonido en el metal de elevada velocidad sónica, y esto representa la -
20. versión preferida de la invención. Las capas metálicas han de estar separadas entre sí por una distancia como mínimo suficiente para que la capa impulsada por el explosivo consiga
25. una adecuada velocidad antes del impacto con la capa estacionaria. Un espaciamiento de 0,0254 mm. entre la superficie de oposición de ambas capas representa el espaciamiento mínimo que hemos observado como consistentemente adecuado. La máxima
30. separación permisible depende por entero de la reducción -



de velocidad de la capa impulsada causada por el aire comprendido entre ambas capas. Incrementando la carga explosiva o evacuando el espacio comprendido entre las capas, son factibles unos espaciamientos muy superiores a 0,0254 mm. En general, sin embargo no es conveniente ni necesaria una separación superior a 12,7 mm.

Los productos de esta invención son artículos metálicos multiestratificados que comprenden por lo menos dos capas metálicas unidas entre sí para formar un sistema compuesto mediante una capa de unión que comprende una aleación homogénea de composición intermedia a la de dichas capas metálicas a las que une. La capa de unión en los productos de esta invención carece sustancialmente de difusión, es decir, existe un brusco cambio de composición a través de cada interfase de los mismos y el sistema compuesto tiene una resistencia al cizalleo superior al 75% aproximadamente de la del metal más débil del sistema antes de su revestimiento.

Por el término "sistema compuesto" se entiende un compuesto metálico definido por capas alternantes de metales similares o disimilares, cada una de ellas unida a su capa metálica complementaria mediante una distinta zona intermedia de unión de aleación homogénea. Esta aleación homogénea consta esencialmente de la sustancia del material que une.

Por el término "capa de unión", tal como aquí se emplea, se entiende una unión continua extendida a través del 90% aproximadamente por lo menos del área de cada interfase, que puede caracterizarse como capa sustancialmente continua de aleación homogénea o zona que tiene unas regiones disgregadas y relativamente periódicas de aleación homogénea



espaciadas entre una unión directa y sustancialmente continua de metal a metal.

Los sistemas compuestos de esta invención se definen como productos de laminación convencionales, es decir, planchas, láminas, tiras, barras, varillas, tuberías, etc., y se caracterizan porque muestran una resistencia al cizalleo superior al 75% aproximadamente de la del metal más débil del sistema antes del revestimiento, no mostrando virtualmente ninguna separación a lo largo de la interfase unida del sistema al doblarse mediante el Ensayo de Doblamiento convencional con la unión bajo tensión y compresión, en el que el radio de doblamiento es doble del espesor del compuesto, a un ángulo superior al 75% aproximadamente del que es posible con el componente de la capa menos dúctil del sistema.

Las zonas de aleación de las respectivas partes de unión del presente sistema revestido o compuesto son fácilmente definidas como mezclas multicomponentes e interatómicas de la sustancia de las capas metálicas de revestimiento y de apoyo, poseyendo unas estructuras características que, aunque no siempre absolutamente distintas, están generalmente definidas por unos trazados arremolinados y una naturaleza columnar. Muestran la típica estructura fundida que cabría esperar de una fusión y resolidificación extremadamente rápidas de delgadas capas de una mezcla de los materiales de revestimiento y de apoyo. La zona de unión no muestra fases separadas de metales que en ciertos sistemas de solución no sólida, por ejemplo hierro-titanio, serían normalmente predichas sobre la base de unas condiciones de equilibrio del Diagrama de Constitución.



La zona de unión es esencialmente de naturaleza no difusa, es decir, la extensión de la interdifusión metálica en la zona de unión a lo largo de cualquier interfase - es inferior al límite de medición obtenible con las mejores técnicas de sonda electrónica y metalográficas (seccionamiento abusado), inferior a 0,2 micra. Además, la zona de unión es única en su estructura no equilibrada y muestra en su totalidad unas propiedades químicas y físicas sustancialmente uniformes y continuas.

10. Por el término "soporte" o "capa de soporte" se entiende la capa metálica contra la cual se impulsa explosivamente la otra capa metálica o capa de revestimiento. Es evidente, naturalmente, que si el compuesto de esta invención consta de más de dos capas metálicas, varias de éstas funcionarán tanto como capas de soporte como de revestimiento, según sea la particular zona de unión a la que se haga referencia.

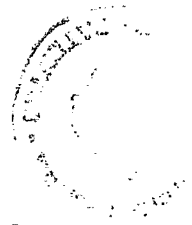
20. Seguidamente se hará referencia a los adjuntos dibujos para una más completa comprensión de la invención, en cuyos dibujos:

la figura 1 representa una vista en sección transversal de un conjunto que puede emplearse en la práctica de 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.

30. La figura 4 representa un conjunto típico para la -



preparación de sistemas multiestratificados; y

Las figuras 5 a 11 son microfotografías (125 aumentos) de zonas de unión de sistemas compuestos de esta invención.

5. 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 revestidora 2 se sostiene por encima de la capa básica 1 mediante pequeños hoyuelos 4 formados en la superficie de la capa revestidora 2. Esto proporciona el requerido espaciamiento entre las dos capas, indicado por 6. Se coloca una capa de explosivo detonante 3 por encima y contiguamente a la capa 2 y se fija a un borde de la capa explosiva el iniciador 7 provisto de hilos conductores 8.

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

15. En la figura 3, A representa la capa básica metálica, B representa la capa revestidora metálica, D representa la capa de explosivo antes de la detonación y D' representa los productos gaseosos de la detonación de la capa D, E representa una incisiva 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 F representa el material inmovilizado entre las capas A y B y que une entre sí a las mismas.

20. La figura 4 representa un conjunto para la preparación de otros que tienen más de dos capas. La capa metálica 10 que ha de ser revestida por las láminas metálicas 11 y

30.



12 se apoya sobre un soporte de madera contrachapada 13. Las capas metálicas 10, 11 y 12 están separadas por un espacio mantenido por pequeñas partículas metálicas 14. Una capa de cinta, espuma de poliestireno u otro material -
5. 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 en una esquina del explosivo y dotado de hilos conductores 18. La capa de explosivo 16 puede extenderse algo -
10. más allá de la capa revestidora superior para proporcionar una porción conveniente destinada a fijar el iniciador y - asegurar que el frente de detonación haya alcanzado una máxima velocidad cuando se encuentra junto al borde del con-
-junto revestidor.

15. Las figuras 5 a 11 muestran mediante microfotografías la variación de la zona de unión de la presente invención como resultado de la variación de la zona de separación. Cada una de las figuras está tomada de un sistema revestido compuesto de acero inoxidable tipo 304 de 3,174 mm., aplica-
20. do sobre acero dulce de 25,4 mm. efectuado mediante el uso de una capa de 22,225 mm. de Amatol 80/20 granulado, de una velocidad de detonación igual a 3900 metros por segundo aproximadamente, en cada caso. La zona de espaciamento empleada en la producción del revestimiento de la figura 5 era -
25. de 0,076 mm., en tanto que los respectivos espaciamentos empleados en la producción de los sistemas de las figuras 6 a 11 eran de 0,228; 0,38; 0,533; 0,533; 0,685 y 0,685 mm. respectivamente. Así, la zona de doblamiento de la presente -
30. invención varía desde una delgada capa continua de anchura - sustancialmente uniforme, pasando por una capa gruesa y con-



5. continua, hasta una dotada de zonas o bolsas disgregadas y relativamente periódicas de aleación homogénea separadas por unión directa y sustancialmente continua de metal a metal. La naturaleza de la zona de unión constituye por consiguiente un factor del grado de separación y de la velocidad del explosivo empleado; no obstante, la totalidad de dicha unión se pretende que constituya una parte de la presente invención y se incluye en la misma.

10. 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, su finalidad es solamente ilustrativa y no deberán considerarse como exhaustivos o limitativos. Puede obtenerse cualquier deseado sistema metálico compuesto mediante un adecuado ajuste de condiciones.

15. EJEMPLO 1

20. El explosivo empleado en este ejemplo fue una delgada lámina uniforme de una composición explosiva flexible que comprendía un 20% de tetranitrato de pentaeritrol (TNPE), un 70% de plomo rojo y como aglutinante, un 10% de una mezcla 50/50 de caucho butílico y una resina terpénica termoplástica (mezcla de polímeros de beta-pineno de fórmula $(C_{10}H_{16})_n$, comercialmente obtenible como "Piccolyte" S-10 (fabricado por la Pennsylvania Industrial Chemical Corporation). Detalles completos de esta composición y un método adecuado para su fabricación se describen en la solicitud de patente norteamericana, número seriado 65.012, depositada el 26 de octubre de 1960, actualmente patente nº 3.043.521, a nombre de Cyril J. Breza. La composición se lamina fácilmente en forma de hojas y detona a una velocidad de

25.

30.



4100 metros por segundo aproximadamente.

- Se colocó una placa de acero dulce de 152,4 x 228,6 x 12,7 mm. sobre una plancha de madera contrachapada. Por encima de esta placa y espaciada de ella por una distancia de 3,17 mm. mediante espaciadores de acero rectangulares en cada esquina, se colocó en correspondiente alineamiento rectangular una placa de acero inoxidable de 152,4 x 228,6 x 12,7 mm. La superficie exterior de esta placa se cubrió con una capa de cinta ocultadora como protección contra el estropeamiento de la superficie final. Una capa dimensionalmente adaptada del explosivo anteriormente descrito, de un peso por unidad de área de 2,32 gra/cm², se colocó sobre la citada capa de cinta ocultadora. Se fijó un generador comercial de ondas lineales, tal como el descrito en la patente estadounidense n^o 2.943.571, expedida el 5 de julio de 1960, a un lado de la capa rectangular de explosivo y seguidamente se inició. Después de la detonación del explosivo, el acero dulce y el acero inoxidable resultaron firme y uniformemente unidos entre sí, formando un conjunto compuesto. El examen microscópico reveló una excelente unión. Ensayos efectuados de acuerdo con el prescrito método A.S.T.M. n^o A265-44 T sobre el conjunto para determinar la resistencia al cizalleo de la unión, dieron un valor medio de tal resistencia de 5.167 kg/cm². La resistencia mínima prescrita por las especificaciones A.S.T.M. para este tipo de revestimiento es de 1.406 kg/cm² y los producidos por medios convencionales comunes muestran de ordinario 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 doble del espesor del compuesto sin separación.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

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 acero inoxidable tipo 304, de 504,6 x 609,6 x 0,795 mm. con cinta cubridora y se dispuso, 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 de modo que pasara por una criba de 100 mallas y fuese retenido sobre una criba de 200 mallas. Luego se cubrió la superficie de la cinta por completo con TNT granular, con una distribución de 0,8 gramos/cm² y una densidad de 0,8 gramos por centímetro cúbico. La iniciación del explosivo se efectuó mediante una cápsula de voladura eléctrica nº 6 situada en una esquina de la citada capa. Esta capa de TNT granular detonó a una velocidad de 4200 metros por segundo aproximadamente. Después de la detonación del explosivo, el resultante compuesto de acero inoxidable sobre acero dulce, de 609,6 x 609,6 mm. al examinarse, mostró una completa y firme unión transversal, superior al 95% de cualquier interfase, y una resistencia al cizalleo de 3.163,8 kg/cm². El compuesto pudo doblarse 180° alrededor de un mandril, cuyo espesor era igual al doble del correspondiente al compuesto, sin separación.

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 colocó una placa de acero dulce de 152,4 x 228,6 mm. sobre un bloque de soporte de madera contrachapada. Se colocaron partículas de polvo de hierro, cernidas -



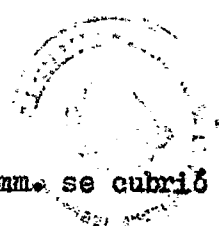
- como en el Ejemplo 2, a intervalos sobre la superficie superior del acero dulce para establecer una distancia espaciadora de 0,1498 mm. Se cubrió una superficie de la capa de revestimiento de níquel con una capa protectora de cinta cubridora para asegurarla contra la menor deformación o marcación por la fuerza explosiva. La capa de cinta fue a su vez cubierta con una capa de la composición explosiva descrita en el Ejemplo 1, de un peso por unidad de área de 4,65 gr/cm² y se colocó el compuesto de níquel, cinta y explosivo, con el lado del níquel hacia abajo, y en alineamiento dimensional, sobre la placa de acero; se fijó un iniciador eléctrico del nº 6 a una esquina de la capa de explosivo y se detonó éste. Se obtuvo un conjunto de níquel y acero dulce dotado de una excelente unión de las dos capas metálicas. El sistema revestido mostró una resistencia al cizallado de 2460,7 kg/cm². y pudo doblarse 180° alrededor de un mandril de grosor igual al doble del espesor del compuesto, sin que se produjese separación.

EJEMPLO 4

- Se emplearon la técnica y composición explosiva del Ejemplo 3 para preparar un compuesto de 76,2 x 76,2 mm. de molibdeno sobre acero inoxidable tipo 304. El espesor de la capa de revestimiento 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 explosiva empleada era de 2,32 gr/cm² y el espacio separador establecido fue de 0,1498 mm. Se consiguió 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 la siguiente manera. La -



lamina de cobre, que medía 76,2 x 152,4 mm. se cubrió por un lado con una capa de 25,4 mm. de grosor de espuma de poliestireno y esta capa de poliestireno se cubrió con una de la composición explosiva del Ejemplo 1, con una distribución de peso de 1,55 gr/cm². Los bordes del conjunto cobre-poliestireno explosivo se sellaron con cinta impermeable al agua y el citado conjunto se colocó sobre la placa de acero dulce, con un espaciamento entre la capa de cobre y la de acero de 0,3505 mm. establecido por partículas uniformes de polvo de hierro. Estas partículas de hierro habían sido cernidas de modo que pasaron por una criba de 45 mallas y quedasen retenidas sobre una de 100 mallas. Los bordes del conjunto completado fueron también sellados con cinta y se fijó un iniciador eléctrico en una esquina de la capa explosiva. Luego se sumergió el conjunto en agua y se inició. Se obtuvo una excelente unión del cobre sobre la placa de acero, es decir, el examen reveló una unión completa y firme transversalmente superior al 95% del área de cualquier interfase. El compuesto mostró una resistencia al cizalleo de 1546,7 kg/cm². Pudo doblarse como en el Ejemplo 3, con resultados similares.

EJEMPLO 6

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 grosor de 1,27 mm. y la de cobre era de un espesor de 1,587 mm. El espaciamento, que en este caso se estableció mediante partículas de polvo de titanio cernido, era de 0,3505 mm. y el peso del explosivo era de 1,55 gr/cm². Después de la detonación del explosivo, las láminas de titanio y cobre estaban firme y uniformemente unidas por lo menos



en un 95% del área total de cualquier interfase del sistema y tenían una resistencia al cizalleo de 1406,2 kg/cm².

EJEMPLO 7

5. Se aplicó una capa de titanio de 1,27 mm. a una placa de acero dulce de 12,7 mm. por el procedimiento descrito en el Ejemplo 5. Las dimensiones de cada una de las capas eran de 76,2 x 152,4 mm.; el peso del explosivo era de 2,32 gr/cm² y el espaciamento de 0,043 mm.; se estableció mediante partículas uniformes de polvo de hierro (que pasaban a través de una criba de 325 mallas). El revestimiento
10. obtenido era sólido y uniforme.

EJEMPLO 8

15. Se empleó de nuevo el procedimiento del Ejemplo 5 para aplicar una capa de aluminio de 3,175 mm. a una placa de acero dulce de 12,7 mm. Cada una de las capas era de 76,2 x 152,4 mm.; la distribución de la capa de explosivo fue de 2,32 gr/cm² y el espaciamento fue de 0,1498 mm. Después de la detonación del explosivo, la capa de aluminio quedó firmemente unida al acero dulce a través de un 95% por lo menos del
20. área total de cualquier interfase, mostrando una resistencia al cizalleo de 7031 kg/cm². Pudo doblarse también 180° empleando el Ensayo de Doblamiento convencional y un radio doble del espesor del compuesto, sin ninguna separación.

EJEMPLO 9

25. Se aplicó una capa de tantalio de 0,254 mm. sobre una placa de acero dulce de 101,6 x 127 x 12,7 mm. mediante el procedimiento del Ejemplo 5. Las condiciones fueron un espaciamento de 0,1498 mm. y 1,55 gr/cm² de explosivo. Se obtuvo un excelente revestimiento.
30.



EJEMPLO 10

5. Se empleó el procedimiento del Ejemplo 5 para preparar un compuesto de 152,4 x 228,6 x 1,587 mm. de "Hastelloy C" sobre una placa de acero dulce de 12,7 mm. La lámina de explosivo era una versión ligeramente modificada de la composición del Ejemplo 1, teniendo un peso por unidad de área de 2,32 gr/cm², contenía un 72% de plomo, un 8% de aglutinante y un 20% de tetranitrato de pentaeritritol y detonó a una velocidad de 4000 metros por segundo aproximadamente. El espaciamiento establecido entre el "Hastelloy C" y el acero dulce fue de 0,3505 mm. y la iniciación de la capa de explosivo se efectuó en este caso mediante un generador de ondas lineales. El sistema, al ensayarse, reveló una resistencia al cizallo de 2952,9 kg/cm² y mostró una completa y firme unión aproximadamente en un 95% del área total de cualquier interfase del sistema. El empleo del Ensayo de Doblamiento convencional y un radio doble del espesor del compuesto permitió el doblamiento del sistema en 180°, sin separación.

EJEMPLO 11

20. Se preparó un conjunto chapado de tantalio sobre cobre de 76,2 x 152,4 mm. empleando 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 dejado fue de 0,1438 mm.

EJEMPLO 12

25. Se preparó un revestimiento o chapado de acero inoxidable sobre acero dulce de 1219,2 x 2638,4 mm. mediante la técnica del Ejemplo 5. La composición explosiva fue la utilizada en el Ejemplo 10 y la distribución de peso era de 1,86 gr/cm². Se empleó un espaciamiento de 0,3505 mm. La capa -



de revestimiento era de un grosor de 0,795 mm. y la capa básica tenía un espesor de 19,05 mm.

EJEMPLO 13

- Se empleó una composición explosiva que contenía
- 5. un 35% de tetranitrato de pentaeritritol, un 50% de plomo - rojo y un 15% del aglutinante de caucho butílico y resina de terpeno del Ejemplo 1. Esta composición es fácilmente lamina-
nada también en forma de hojas flexibles y tiene una veloci-
dad de detonación de 5000 metros por segundo aproximadamente.
 - 10. Una placa de acero dulce de 254 x 254 x 1,27 mm. fue empotra-
da en un bloque de cemento de yeso duro. Encima de esta pla-
ca se colocó en alineamiento dimensional otra de magnesio de
254 x 254 x 1,27 mm. presentando ésta última varios hoyuelos
superficiales uniformes que sirvieron para sostenerla a una -
 - 15. distancia de 0,507 mm. por encima de la placa básica de ace-
ro. Sobre la superficie superior de la placa de magnesio se
colocó una capa dimensionalmente adaptada del explosivo antes
mencionado, que contenía una carga de explosivo de 0,465 gr/
cm² y se fijó un iniciador eléctrico comercial del n^o 6 a -
 - 20. un borde de esta capa de explosivo, que seguidamente fue ini-
ciada. Tras un examen de la placa compuesta formada, se ob-
servó 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 pa-
ra separar mecánicamente las capas resultaron infructuosos.
 - 25.

EJEMPLO 14

- Se emplearon el procedimiento, el explosivo y la -
cantidad del mismo que se describen en el Ejemplo 13, para -
aplicar una capa de titanio de 0,076 mm. a una lámina de alu-
minio de 1,27 mm. Las dimensiones de las capas eran de 254 x
- 30.

254 mm. y el espaciamento de 0,381 mm.

EJEMPLO 15

5. Se preparó un compuesto de Inconel sobre acero - dulce mediante el procedimiento, explosivo y cantidad del mismo del Ejemplo 13. Tanto la capa de acero como la de Inconel eran de 1,27 mm. de grosor y sus dimensiones eran de 254 x 254 mm. El espaciamento era de 0,508 mm. El compuesto poseía una completa y firme unión a través de más del 95% de cualquier interfase y una resistencia al cizalleo de 2952, 10. 9 kg/cm². Pudo doblarse 180° el compuesto alrededor de un mandril cuyo espesor era igual al doble del grosor del compuesto, sin producirse separación alguna.

EJEMPLO 16

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

EJEMPLO 17

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

EJEMPLO 18

25. Se aplicó un chapado de 0,076 mm. de una aleación 90/6/4 de titanio/aluminio/vanadio a una pieza de tungsteno de 25,4 x 25,4 x 1,27 mm. por el procedimiento descrito en el Ejemplo 13. El espaciamento fue de 0,076 mm. y el explosivo y cantidad del mismo fueron iguales a los del citado Ejem- 30. plo; la unión formada resultó excelente.

EJEMPLO 19

5. Se fijó 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 explosivo del Ejemplo 13, con un espaciado de 0,254 mm.

EJEMPLO 20

10. Se colocó una placa de molibdeno de 2,54 mm. de grosor y con unas dimensiones de 25,4 x 101,6 mm. sobre una placa sustentadora de acero. Se sostuvo directamente por encima de la placa de molibdeno una lámina de acero dulce de 25,4 x 101,6 x 0,127 mm. a una distancia de 0,635 mm. por medio de hoyuelos dispuestos en las esquinas de la lámina de acero. Se encoló una capa de 25,4 x 101,6 mm. del explosivo del Ejemplo 13, con una carga de explosivo de 0,31 gr/cm² sobre la superficie superior de la lámina de acero. Después de la iniciación del explosivo en un borde, se observó que ambos metales estaban firmemente unidos entre sí, sin detectarse ninguna evidencia de agrietamiento.

EJEMPLO 21

20. Se enrolló una lámina de titanio de 152,4 x 254 mm. y un grosor de 0,203 mm. alrededor de un mandril cilíndrico de hierro, con una superposición de 25,4 mm. aproximadamente. Se dotó a un borde de la lámina de pequeñas indentaciones, de manera que los dos bordes en intersección quedasen separados por un espacio de aire. Se colocó una tira del explosivo del Ejemplo 13 igual en longitud a la lámina, contiguamente al borde superpuesto de ésta última y se inició por un extremo de dicha tira. El tubo de titanio así formado era uniforme y carecía de grietas u otras imperfecciones. La costura era de excelente solidez mecánica y un examen metalúrgico

25.

30.

no reveló ninguna discontinuidad.

EJEMPLO 22

5. Se aplicó como revestimiento acero inoxidable de 0,736 mm. de grosor a unos sustratos de molibdeno y de tungsteno por medio del 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 de metal eran de 50,8 x 50,8 mm. y los espesores de las capas básicas de molibdeno y tungsteno eran de 0,99 y 0,533 mm., respectivamente.

EJEMPLO 23

15. Se chapó Inconel con una capa de titanio de 1,01 mm. de grosor por el procedimiento del Ejemplo 22. La capa básica de Inconel tenía un espesor de 1,39 mm. El espaciamiento era de 0,38 mm. y las dimensiones de dichas capas eran de 50,8 x 50,8 mm. Se consiguió una buena unión.

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

EJEMPLO 24

25. 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 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. por par-

30.

5. partículas de hierro. Luego se colocó una capa de acero inoxidable de 1,587 mm. sobre la capa de cobre, espaciada también de ella a una distancia de 0,1498 mm. por partículas de hierro. La superficie superior expuesta de la capa de acero inoxidable se cubrió con una capa protectora de cinta y luego con una lámina del explosivo, que tenía una distribución de peso de 1,55 gr/cm². Se fijó un iniciador eléctrico a una esquina de la lámina de explosivo y se detonó éste. Un examen del resultante compuesto de acero inoxidable -cobre- acero 1015 mostró que se había producido una firme unión metalúrgica en ambas interfaces. No se detectó ninguna deformación o distorsión superficial.

EJEMPLO 25

15. 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 de explosivo de 3,1 gr/cm². Los espesores del acero inoxidable, del cobre, del acero dulce y del latón amarillo eran respectivamente de 1,587; 1,587; 1,587 y 3,17 mm.

EJEMPLO 26

25. Se preparó un compuesto de 152,4 x 228,6 mm. de acero inoxidable de 1,587 mm. sobre aluminio de 0,795 mm. sobre acero dulce de 12,7 mm. por el procedimiento del Ejemplo 24. El espaciamiento dispuesto en cada interfase fue de 0,1498 mm. y la distribución del explosivo fue de 2,32 gr/cm².

EJEMPLO 27

30. 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 espaciamento de cada interfase fue de 0,1498 mm. la distribución del explosivo fue de 3,1 gr/cm² y el espesor de las capas de acero inoxidable, acero dulce, latón, acero dulce, fue respectivamente de 1,587; 0,304; 0,795 y 12,7 mm.
- 5.

EJEMPLO 28

- Se preparó un compuesto de 152,4 x 228,6 mm. de 5 capas de acero inoxidable, sobre acero dulce, sobre cobre, sobre acero dulce, sobre acero inoxidable, de la manera descrita en el Ejemplo 24. Los espesores de las capas eran de 1,587 mm. las de acero inoxidable, de 0,304 mm. las de acero dulce y de 1,587 mm. la de cobre. El espaciamento entre las capas fue de 0,1498 mm. y la distribución de explosivo fue de 3,1 gr/cm².
- 10.

EJEMPLO 29

- Se preparó un artículo compuesto de titanio sobre cobre sobre acero inoxidable, cuadrado, de 304,7 mm. como sigue. Se colocó 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 a través de una criba de 200 mallas y quedaban retenidas sobre una de 325 mallas). Análogamente, se colocó una capa de titanio de 0,076 mm. encima de la capa de cobre a una distancia de 0,0736 mm. mantenida por partículas de hierro. Se cubrió la superficie superior del titanio con película de tereftalato de polietileno (película de poliéster "Mylar" fabricada por E.I. du Pont de Nemours & Co.) de 0,054 mm. de espesor y los bordes de todo el conjunto se impermeabilizaron mediante la aplicación de cinta. Se encoló una lámina del explosivo, con una distribución de peso de 2,32 gr/cm², en la superficie
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



- inferior interna de una caja abierta diseñada para ajustarse sobre el conjunto de capas metálicas. La profundidad interior de la caja era suficiente para proporcionar un espacio de 19,05 mm. entre la capa de explosivo y la de titanio al invertirse la caja y fijarse firmemente 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 550°C y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos. 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

- Se empleó la técnica del Ejemplo 29 para preparar un laminado de 16 capas de 152,4 x 152,4 mm. compuesto de capas alternas de 0,127 mm. de acero dulce y de 0,127 mm. de acero inoxidable austenítico. La distribución del explosivo era de 1,55 gr/cm² y el espaciamiento establecido entre cada capa fue 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 estaba uniformemente unido y no se observó ninguna imperfección o irregularidad.

EJEMPLO 31

- Se preparó un artículo compuesto de aluminio sobre cobre, sobre acero dulce, de 76,2 x 152,4 mm. empleando una capa de explosivo de 2,32 gr/cm² y un espaciamiento (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 espu

ma de poliestireno, se sellaron los bordes del conjunto - mediante cinta y se sumergió éste en agua al detonarse el explosivo. Las capas de aluminio, cobre y acero dulce eran respectivamente de 3,17; 1,587; y 12,7 mm. de grosor.

5.

EJEMPLO 32

Se preparó un artículo compuesto de tantalio sobre cobre, sobre acero dulce, de 101,6 x 127 mm. empleando una capa protectora de espuma de poliestireno y sumergiendo el conjunto en agua antes de la detonación, como se describe en el Ejemplo 31. El espaciamento empleado fue de 0,3505 mm. y el peso del explosivo era de 2,32 gr/cm². Los espesores de las capas metálicas eran de 2,254 mm. la de tantalio, de 1,587 mm. la de cobre y de 12,7 mm. la de acero dulce.

10.

15.

EJEMPLO 33

Se empleó la composición explosiva del Ejemplo 1 para preparar un compuesto de plata sobre acero dulce de 76,2 x 152,4 mm. La distribución del explosivo fue de 1,92 gr/cm². 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 de plata. Se estableció un espaciamento de 0,8331 mm. entre el acero y la plata mediante partículas de polvo de hierro (que pasaban a través de una criba de 20 mallas y quedaban retenidas en una de 45 mallas) y se efectuó la iniciación mediante un generador de ondas lineales.

20.

25.

30.

Aunque no pretendemos limitarnos a 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 por todo el resto de la capa citada a la velocidad de detonación de la composición explosiva. Las presiones producidas por la detonación actúan así progresivamente sobre la capa de material de revestimiento, impulsándola hacia el material a revestir. Si la capa de metal revestidor es paralela a la superficie del metal a revestir, la porción del metal revestidor más próxima al punto o puntos de iniciación establecerá contacto con la superficie del metal a revestir, mientras otras porciones permanecen estacionarias o se encaminan hacia la superficie (véase figura 3). Si las condiciones son adecuadas, se producirá un "chorro" compuesto de capas superficiales de ambos metales, cuyo chorro es dirigido hacia el espacio todavía no ocupado entre la capa de metal revestidor y la superficie del metal objeto de revestimiento. El material impulsado es recirculado para establecer un íntimo mezclado de los dos metales. La eliminación de las capas superficiales metálicas y la fusión bajo elevada presión del metal previamente subyacente tienen por resultado la unión deseada.

No se obtendrá una unión efectiva si la capa de metal revestidor choca en conjunto al desplazarse en dirección generalmente normal a la superficie del metal a revestir. Tales condiciones prevalecen en el caso de capas metálicas paralelas en las que una de ellas es impulsada por un explosivo que se inicia de modo esencialmente simultáneo en toda su superficie, como mediante un generador de ondas planas o si se coloca una carga de explosivo a una distancia sustancial, es decir, superior a unos milímetros, de la capa revestidora y se transmite la presión a través de un medio



relativamente denso. En este último caso, el efecto del espaciamiento sería una iniciación aproximadamente simultánea en toda la superficie. Para conseguir el resultado deseado, ha de iniciarse una capa de explosivo de manera que la detonación se propague paralelamente a la capa revestidora.

5. Naturalmente, las dimensiones de la capa de explosivo han de corresponder a las dimensiones del área en que se desea el revestimiento.

Un aspecto esencial y crítico de la presente invención es el uso de un explosivo dotado de una velocidad de detonación no superior al 120% aproximadamente de la velocidad del sonido en el metal del sistema que tiene la mayor velocidad sónica. Por "metal" queremos referirnos en la anterior frase a un componente metálico o capa del sistema de chapado o 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 exceda de este límite, se producen con frecuencia ondas de choque oblicuas que eliminan los fenómenos de "chorro" anteriormente citados e impiden la formación de una buena unión de metal con metal.

10. Asimismo, en los casos en que se forma un chorro, resultan a menudo unos pronunciados efectos secundarios, tales como distorsión de las placas y agrietamiento de la capa de unión.

15. 20.

Aunque repetidamente nos hemos referido antes a la "velocidad del sonido" y a la "velocidad sónica" de los metales, los expertos en la materia comprenderán que tales términos tienen significados algo diferentes en distintas circunstancias. Por ejemplo, tales términos tendrán un diferente significado para el físico al tratar de fenómenos de ondas de choque plásticas en sólidos, en oposición a los fenó-

25. 30.



menos de ondas de choque elásticas. Es a los primeros a los que nos referimos a los efectos de la presente invención.

Los términos "velocidad del sonido" y "velocidad sónica", tal como se emplean a todo lo largo de esta solicitud en -

- 5. relación con metales y sistemas metálicos, se refieren a la velocidad de la onda de choque plástica que se forma cuando una tensión aplicada rebasa justamente el límite elástico de una compresión unidimensional del particular metal o sistema metálico implicado. El valor de esta velocidad sónica puede obtenerse por medio de la relación:
- 10.

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

en la que "V" es la velocidad sónica en cm/seg., "K" es el módulo de elasticidad cúbica adiabático en dinas/cm² y "d"

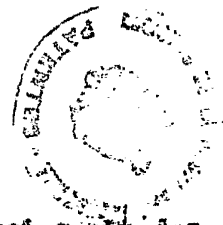
- 15. es la densidad en g/cm³. Los valores de "K" pueden obtenerse a partir de valores del módulo de Young "E" y de la relación de Poisson "γ", por medio de la relación:

$$K = E/(1-2\gamma)$$

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

- 20.
- 25. 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).

- 30. 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.P. Marsh (en el lugar citado) y en referencias citadas por ellos. Como variante, "V" puede determinarse a partir de la relación:

$$V = \sqrt{c_L^2 - (4/3)c_s^2}$$

5.

en la que "c_L" es la velocidad de las ondas compresivas elásticas y "c_s" es la velocidad de las ondas de cizalleo elásticas del metal. Las requeridas velocidades de las ondas elásticas pueden medirse por métodos bien conocidos.

10. A efectos de ilustración, se exponen en la siguiente tabla de valores de velocidad sónica, tal como aquí se emplean, de metales representativos:

	<u>Metal</u>	<u>Velocidad sónica, m/seg.</u>
	Cinc	3.000
15.	Cobre	4.000
	Magnesio	4.500
	Niobio	4.500
	Acero inoxidable austenítico	4.500
	Níquel	4.700
20.	Titanio	4.800
	Hierro	4.800
	Molibdeno	5.200
	Aluminio	5.500

25. Además de la limitación máxima a la velocidad de detonación del explosivo empleado, hemos observado que éste último ha de tener una mínima velocidad de detonación de 1200 metros por segundo aproximadamente, por lo menos. Las composiciones explosivas que detonan a una velocidad inferior a esta dejarán con frecuencia de desarrollar la energía necesaria para la formación del "chorro" anteriormente expuesto

30.

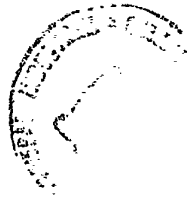


y por consiguiente no unirán firmemente los metales dentro del sentido y ámbito de la presente invención.

Como se muestra en 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, tungsteno, tantalio, vanadio, zirconio, plata, platino, cobre, oro, sus aleaciones y 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 ser aleaciones de dos o más metales o bien cualquiera de las capas puede ser un compuesto de dos o más capas simples.

No sólo es el procedimiento adecuado para la preparación de placas o láminas planas, sino también, como se muestra por 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 básica será con frecuencia una herramienta o unidad de equipo a la que ha de fijarse la capa de revestimiento. La ductilidad del material unido es comparable a la de las capas no unidas y con frecuencia puede incrementarse mediante suave tratamiento térmico.

Una característica particularmente sorprendente y ventajosa de los nuevos sistemas revestidos de la presente invención es la de que la zona de unión continua que junta las dos capas es de composición homogénea en su totalidad. En métodos de revestimiento convencionales, la zona unida se compone de una secuencia graduada de composiciones que son progresivamente más ricas en el metal de la capa más próxima,



e, inversamente, progresivamente más pobre en el metal de la capa más alejada. El siguiente ejemplo ilustra este aspecto de la invención.

EJEMPLO 34

5. Se efectuó una serie de 26 chapados o revestimientos de níquel sobre cobre empleando el explosivo del Ejemplo 1 con una distribución de 0,775 gr/cm², variándose el espaciamiento entre las capas de níquel y cobre con incrementos de 0,0431 a 4,06 mm. La lámina de explosivo se espació en 6,35 mm. de la capa de revestimiento y se llenó 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. Ulteriores estudios de difracción de rayos X efectuados sobre la zona sometida a chorro de cada uno de los chapados mostraron que en cada caso se produjo una idéntica estructura cúbica de caras centradas. El parámetro reticular obtenido para el material sometido a chorro fue de $3,575 \pm 0,003$ A., independientemente del espaciamiento empleado y de la porción de la zona sometida a chorro examinada. Una composición de cobre-níquel que tiene un parámetro reticular de 3,575 A. se compone de un 37,6% de níquel en peso y de un 62,4% de cobre en peso. El compuesto tenía una resistencia al cizalleo de 1546,7 kg/cm² y estaba unido por lo menos en un 95% aproximadamente del área total de cualquier interfase. Pudo doblarse 180° alrededor de un mandril de un radio doble del espesor del compuesto, sin separación.

EJEMPLO 35

30. Se preparó un artículo compuesto de oro sobre níquel, como sigue. Se sostuvo una tira de aleación de oro amarillo de 14 quilates, de 761,9 x 76,19 x 1,52 mm. de modo



- sustancialmente uniforme, a una distancia de 1,143 mm., sobre una capa de apoyo o soporte de 761,9 x 76,19 de níquel de bajo contenido carbónico que tenía un grosor de 38,09 mm. La capa superior o expuesta de la tira de oro se cubrió con una capa protectora de cinta cubridora para protegerla contra una deformación menor o marcación superficial y se colocó encima de la superficie recubierta de cinta de la lámina de oro un espesor de 19,05 mm. de explosivo con una carga de 1,55 gr/cm² y compuesto de una mezcla 80/20 de Amatol y Cab-O-Sil al 0,5%. Se fijó un iniciador eléctrico a un borde de la capa de explosivo y se detonó éste. El sistema de chapado de níquel-oro así formado presentaba una unión completada en más del 96%; es decir, más del 96% de todo el área interfacial de ambas láminas de níquel y oro estaba firmemente unido entre sí por una capa unidora como la definida anteriormente.

El compuesto así formado fue laminado en frío con una reducción de grosor del 80% y recocido a una temperatura de 648,8°C. Un examen detallado reveló que aunque las operaciones de laminado en frío y recocción habían tenido por resultado una reducción del grosor del compuesto a 0,0304 mm. no se había producido ninguna separación de la unión. El compuesto fue doblado 180° alrededor de un mandril de un radio doble del grosor del chapado, sin separación.

25. EJEMPLO 36

La siguiente tabla indica sistemas revestidos y sus medidos valores definitivos.

SISTEMAS DE REVESTIMIENTO

(original, columna 14, con las sig. trad.)

30. (1.- Metal revestidor) (2.- Metal de soporte) -



- (3.- Resistencia al cizalleo) (4.- Doblamiento*, grados)
(5.- % unión) (6.- Acero inoxidable tipo 304) (7.- Titanio
tipo A55) (8.- Cobre) (9.- Acero inoxidable tipo 304) -
(10.- Inconel) (11.- Acero inoxidable tipo 304) (12.- Ni-
quel) (13.- Acero) (14.- Aluminio tipo 1100-0) (15.- Idem)
5. (16.- Aluminio).

* En todos los casos, se emplea el Ensayo de Doblamiento convencional, con el sistema revestido bajo tensión y compresión y con un radio doble del grosor del compuesto.

10.

EJEMPLO 37

- Una lámina de acero A-285 laminado en caliente, de 381 x 355,6 x 19,05 mm. fue pulimentada por el sistema Blanchard y colocada sobre un bloque de soporte de madera contrachapada. Una superficie de una lámina de aleación de titanio tipo A-55, de 381 x 355,6 x 2,28 mm. que había sido recoocida y desincrustada, se cubrió con cinta y se colocó, con el lado de la cinta hacia arriba, sobre la placa de acero dulce, espaciada de ella a una distancia de 0,762 mm. por medios de soporte. La superficie cubierta de cinta de la lámina de titanio se cubrió luego por completo con un espesor de 19,05 mm. de un explosivo consistente en Amatol 80/20 y un 0,5 % de Cab-O-Sil y que tenía una carga de explosivo de 1,565 a 1,86 gr/cm². La iniciación del explosivo se produjo colocando una cápsula detonadora eléctrica en el centro de la -
15. capa de explosivo, detonándose éste último.
20.
25.

- Se realizó de nuevo el anterior procedimiento empleando una lámina de aleación de titanio A-55 de 381 x 355,6 x 2,28 mm. que había sido primeramente recoocida y luego desincrustada y, como capa de soporte, una lámina de 381 x 355,6 x 2,28 mm. de acero tipo A-285 laminado en caliente,
30.



cuya superficie había sido decarburizada hasta una profundidad de 0,254 mm. y dotada de un acabado mediante pulimento por cinta.

Se realizó una vez más el procedimiento indicado.

5. Esta vez la capa revestidora permaneció igual, es decir, - aleación de titanio A-55 que había sido recocida y desincrustada y un soporte consistente en una lámina de acero A-204 laminado en caliente, de 419,09 x 412,73 x 2,28 mm. cuya superficie había sido pulimentada por el sistema Blanchard.
10. En cada caso se examinaron los revestimientos formados como sigue:
 - (a) El porcentaje de unión por inspección ultrasónica fue de un mínimo del 98% a través del área de cada interfase.
 15. (b) Las resistencias al cizallo se determinaron por medios convencionales.
 - (1) Trás la detonación, mostraron 3163,8 kg/cm² como mínimo.
 - (2) Después de su recocida para aligeramiento de -
20. la tensión, mostraron 2671,7 kg/cm² como mínimo.
 - (c) Se efectuó en cada uno el Ensayo de Doblamiento por compresión (convencional) con el revestimiento bajo - tensión y compresión y cada uno pudo doblarse 125° como mínimo alrededor de un mandril, cuyo radio era doble del grosor
25. del revestimiento, sin separación.
 - (d) Se realizaron ensayos de escople standard en - cada uno de ellos, con buenos resultados, es decir, sin separación alguna.
 - (e) Cada revestimiento fue laminado en caliente -
30. entre 537,7 y 759,9°C con una reducción de grosor del 60% y



ninguna separación.

(f) Cada revestimiento fue laminado en frío con una reducción de grosor del 22%, sin ninguna separación.

(g) Los revestimientos con tensión aligerada de (b) pudieron ser:

(1) Configurados en frío en cabezas intensamente rebordadas y cóncavas, sin separación en la zona de unión ni agrietamiento del chapado.

(2) Aserrados por cinética en piezas mediante corte sin lubricante o refrigerante, con el revestimiento mantenido en tensión.

(3) Cortados por soplete oxi-acetilénico sin separación del revestimiento. Esto pudo efectuarse cortando a través del revestimiento o desde la superficie de soporte, con igual éxito.

(4) Soldados satisfactoriamente sin separación del revestimiento o chapado.

El método empleado para establecer la requerida separación entre las capas metálicas no es crítico. Tal como hemos mostrado, unas diminutas partículas de metal interpuestas entre las capas funcionan muy satisfactoriamente. Asimismo, pueden emplearse pequeñas proyecciones en la superficie de la capa superior o unos 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 la unión en tales áreas.

Es conveniente que los metales estén relativamente libres de impurezas superficiales. Cuando las superficies están sucias, ordinariamente resulta adecuado una limpieza de las migas con un abrasivo suave, seguida de riego con un



disolvente, para eliminar cualquier impureza que pudiera obstaculizar la adherencia o dar lugar a unas zonas quebradizas. Sin embargo, las intensas y complicadas operaciones de limpieza requeridas en otros métodos de unión no son necesarias en el presente procedimiento.

5.

Para la práctica de la invención no son críticos unos rígidos medios de soporte de 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 coste, representa un satisfactorio material de soporte.

10.

Tal como se demuestra en los anteriores ejemplos, en algunos casos es ventajoso disponer una capa de material inerte o neutralizador, tal como películas de poliésteres, agua o una delgada capa de cinta, entre la capa de explosivo y la superficie del metal revestidor, como ayuda para mantener una superficie lisa e incontaminada.

15.

La capa de explosivo puede iniciarse mediante cualquier dispositivo iniciador convencional, por ejemplo una cápsula detonadora, fusible detonador, hilos explosivos, etc. La colocación de la fuente de iniciación sobre la capa de explosivo no es crítica, siempre que no sea iniciada simultáneamente la totalidad de la capa. Así, la fuente de 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 la capa de explosivo, o bien puede emplearse una serie de fuentes de iniciación o un generador de ondas lineales para iniciar simultáneamente todo un borde de la capa. La cantidad empleada de explosivo no es crítica, siempre que haya una carga suficiente para

20.

25.

30.



impulsar las capas con adecuada velocidad para conseguir la deseada unión. En cualquier caso, la cantidad y carga particulares de explosivos adecuadas resultarán fácilmente evidentes para un experto en la materia, considerando factores tales como tipo de explosivo, grosor de la capa metálica, etc. Evidentemente, una excesiva cantidad de explosivo producirá una indeseada deformación y deberá evitarse.

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

N O T A

La Patente de Introducción que se solicita por diez años para España, de acuerdo con la vigente legislación deberá recaer sobre: "METODO DE OBTENCION DE UN ARTICULO METALICO MULTISTRATIFICADO EXPLOSIVAMENTE UNIDO", citándose como Fuente de Procedencia, la patente norteamericana nº 3.233.312, según las características esenciales de las siguientes:

R E I V I N D I C A C I O N E S

1º.- Metodo de obtención de un artículo metálico multiestratificado explosivamente unido, tal como un producto de laminación que comprende por lo menos dos capas metálicas de diferente composición unidas entre sí para formar un sistema compuesto mediante una capa de unión continua, - cuya capa de unión se caracteriza por un brusco cambio de composición a través de cada interfase de la misma y por la presencia de una aleación homogénea de composición intermedia



entre dichas capas metálicas, teniendo dicho sistema una resistencia al cizalleo superior al 75% aproximadamente de la correspondiente al metal más débil de dicho sistema antes del revestimiento o chapado.

5. 2^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según reivindicación 1^a, cuyo producto de laminación comprende dos capas metálicas de diferente composición unidas entre sí para formar un sistema compuesto mediante una capa de unión continua, y cuya capa de unión se caracteriza por un brusco cambio de composición a través de cada interfase de la misma y por la presencia de una aleación homogénea de composición intermedia entre dichas capas metálicas, quedando unido el citado sistema en más del 90% de cada interfase y presentando una resistencia al cizalleo superior al 75% aproximadamente de la correspondiente al metal más débil del sistema antes del revestimiento o chapado.
- 10.
- 15.

20. 3^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según reivindicaciones anteriores, cuyo artículo de capas múltiples plano y unido comprende dos capas metálicas de diferente composición, teniendo cada una de ellas una mínima dimensión plana de 76,2 mm. y uniéndose entre sí para formar un sistema compuesto mediante una capa de unión continua, cuya capa de unión se caracteriza por un brusco cambio de composición a través de cada interfase de la misma y por zonas separadas y relativamente periódicas dotadas de una composición sustancialmente uniforme a través de cada zona e intermedia entre las de dichas capas, estando espaciadas dichas zonas entre una unión de metal a metal sustancialmente continua, estando unido -
- 25.
- 30.

dicho sistema en más del 90% de cada interfase y presentando una resistencia al cizalleo superior al 75% aproximadamente de la correspondiente al metal más débil del referido sistema antes del revestimiento o chapado.

5. 4^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 2^a, en el que la citada capa de unión es una sustancialmente continua de dicha aleación.

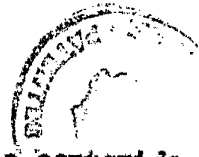
10. 5^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 2^a, en el que la citada capa de unión comprende zonas separadas y relativamente periódicas de dicha aleación homogénea espaciadas entre una unión de metal a metal sustancialmente continua.

15. 6^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de níquel y la otra es de cobre.

20. 7^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de las citadas capas metálicas es de acero inoxidable tipo 304 y la otra es de acero de bajo contenido carbónico.

25. 8^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de las mencionadas capas metálicas es de níquel y la otra es de acero dulce.

30. 9^a.- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de las citadas capas metálicas



es de cobre y la otra es de acero de bajo contenido carbónico.

5. 10^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de las citadas capas metálicas es de titanio y la otra de cobre.

101 11^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de las citadas capas metálicas es de aluminio y la otra de acero de bajo contenido carbónico.

12^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de hastelloy "C" y la otra es acero de bajo contenido carbónico.

15. 13^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de magnesio y la otra de acero de bajo contenido carbónico.

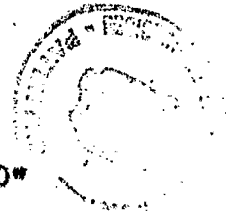
20. 14^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de titanio y la otra de aluminio.

25. 15^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de Inconel y la otra de acero de bajo contenido carbónico.

30. 16^a.-- Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de nichrome y la otra de molibdeno.



- 17^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de molibdeno y la otra de acero de bajo contenido carbónico.
5. 18^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de titanio y la otra de acero.
- 19^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de acero inoxidable y la otra de molibdeno.
10. 20^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de titanio y la otra de inconel.
15. 21^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de cobre y la otra de acero.
20. 22^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que dichas capas son alternativamente de acero inoxidable austenítico y de acero de bajo contenido carbónico.
25. 23^a.— Método de obtención de un artículo metálico multiestratificado, explosivamente unido, según la reivindicación 5^a, en el que una de dichas capas metálicas es de plata y la otra de acero de bajo contenido carbónico.
30. 24^a.— MÉTODO DE OBTENCIÓN DE UN ARTÍCULO METÁLICO



MULTIESTRATIFICADO, EXPLOSIVAMENTE UNIDO*

Según queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, que consta de cuarenta y cuatro hojas, escritas a máquina por una sola cara, y acompañada de dibujos.

5.

Madrid, - 2 JUL. 1974

UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.

P.P.

10.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.
[Handwritten Signature]
Firmado: M.ª Dolores Jorquera

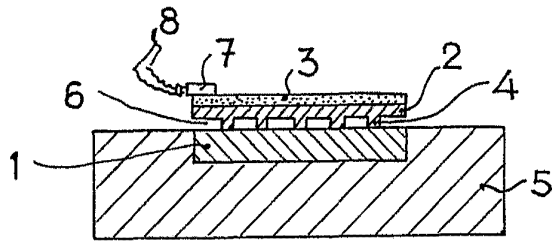


Fig. 1

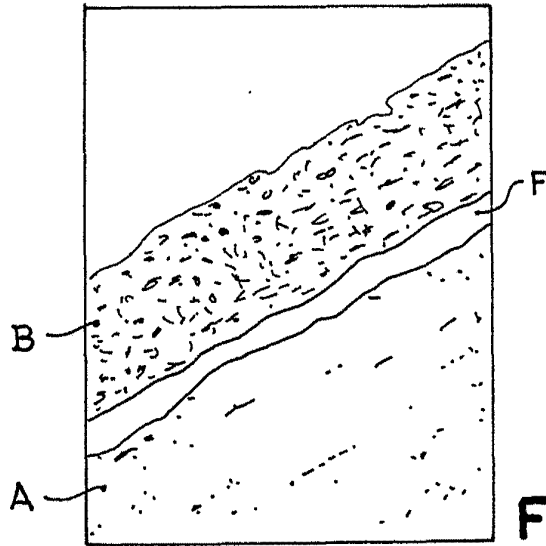


Fig. 2

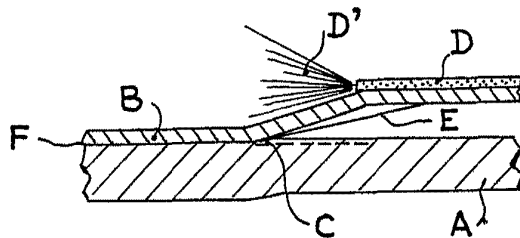


Fig. 3

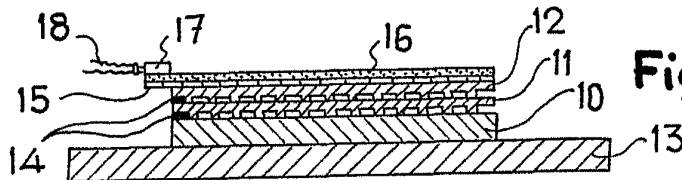


Fig. 4

Madrid,
UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.
P. R.

Escala variable

200000
F. P.
[Handwritten signature]
F. P. 1950

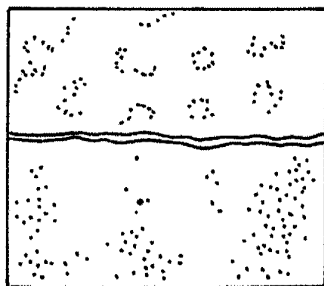


Fig. 5

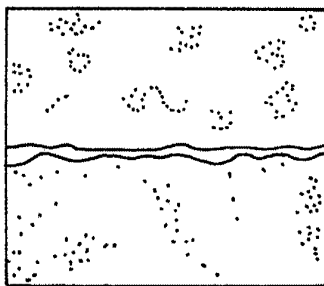


Fig. 6

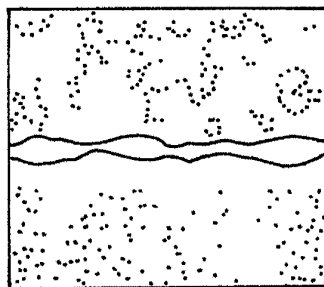


Fig. 7

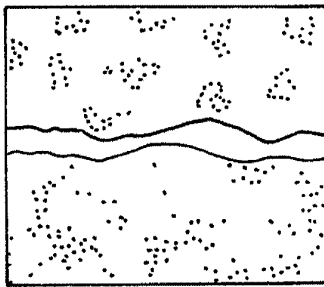


Fig. 8

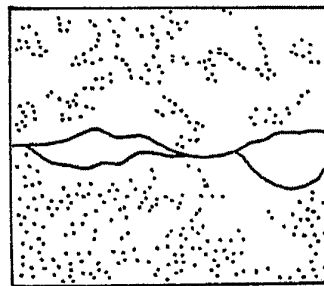


Fig. 9

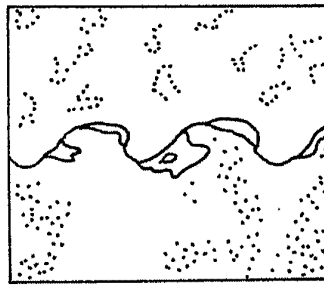


Fig. 10

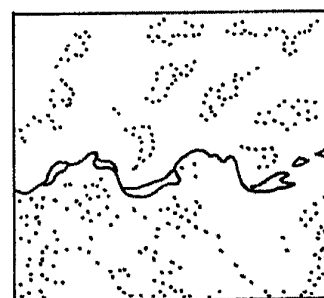


Fig. 11

Escala variable

Madrid, -2 1974
UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.
P. P.

FRANCISCO GARCIA
P
[Handwritten signature]
INGENIERO DE MINAS