

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 473 570**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30 (2006.01)

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11713141 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2552639**

54 Título: **Aleación basada en níquel, consumible de soldadura formado de dicha aleación y uso del consumible en un procedimiento de soldadura**

30 Prioridad:

31.03.2010 US 751177

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

07.07.2014

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(50.0%)
3901 Castle Hayne Road
Wilmington, NC 28401, US y
THE TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY,
INCORPORATED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**REBAK, RAUL BASILIO;
ANDRESEN, PETER LOUIS;
MORRA, MARTIN MATHEW;
OKI, SUGURU y
TEZUKA, HIDESHI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 473 570 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aleación basada en níquel, consumible de soldadura formado de dicha aleación y uso del consumible en un procedimiento de soldadura

Antecedentes de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a procedimientos y materiales de soldadura. Más particularmente, la presente invención se refiere a un metal de carga resistente a la corrosión y a procedimiento de soldadura particularmente muy apto para fabricar y reparar componentes de centrales nucleares (CN).

10 En los reactores de agua en ebullición (BWR) y los reactores de agua a presión (PWR) de centrales nucleares, el agua de refrigeración se calienta por el calor generado por una reacción de fisión. En los reactores de agua en ebullición, la temperatura del agua de refrigeración puede alcanzar o superar aproximadamente 550F (aproximadamente 290 °C) a presiones elevadas. Como tales, los componentes del reactor sometidos a aguas de refrigeración calientes se exponen a un entorno altamente corrosivo.

15 Se han empleado diversas aleaciones en la fabricación de componentes de reactores, que incluyen aceros de baja aleación, aceros inoxidables y aleaciones basadas en níquel. Ejemplos notables de las últimas incluyen aleaciones de NiCrFe tales como las muy conocidas aleación 600 (76Ni-15Cr-8Fe) y aleación 690 (62Ni-29Cr-9Fe). Los procedimientos de fabricación y reparación de componentes de reactores han incluido el uso de diversos procedimientos de soldadura, por ejemplo, unión por soldadura, recrecimiento con soldadura y formación de soldadura, y diversas técnicas de soldadura, por ejemplo, soldadura por arco de gas-tungsteno (GTAW), soldadura por arco de gas-metal (GMAW), soldadura por arco metálico protegido (SMAW), soldadura láser, soldadura por haz de electrones y soldadura ultrasónica.

20 Los metales de carga basados en níquel se usan ampliamente para soldar componentes formados de aceros de baja aleación, aceros inoxidables y aleaciones basadas en níquel.

25 Ejemplos notables de metales de carga basados en níquel usados para fabricar y reparar estructuras formadas de las aleaciones 600 y 690 incluyen aleaciones comercialmente disponibles conocidas como aleación 82, aleación 182, aleación 52, aleación 152 y aleación 132. Se informa generalmente que la aleación 82 tiene una composición que contiene, en peso, 18,0-22,0 % de cromo, 2,5-3,5 % de manganeso, 2,0-3,0 % de niobio + tántalo, no más del 3,0 % de hierro, no más del 0,75 % de titanio, no más del 0,50 % de silicio, no más del 0,50 % de cobre, no más del 0,75 % de cobalto, no más del 0,10 % de carbono, no más del 0,030 % de fósforo, no más del 0,015 % de azufre, y un contenido de níquel mínimo del 67,0 %. Se informa generalmente que la aleación 182 contiene, en peso, 13,0-17,0 % de cromo, 5,0-9,5 % de manganeso, 1,0-2,5 % de niobio + tántalo, no más del 10,0 % de hierro, no más del 1,0 % de titanio, no más del 1,0 % de silicio, no más del 0,50 % de cobre, no más del 0,12 % de cobalto, no más del 0,1 % de carbono, no más del 0,030 % de fósforo, no más del 0,015 % de azufre, y un contenido de níquel mínimo del 59,0 %. La aleación 52 es una aleación más reciente que tiene un mayor contenido de cromo que las aleaciones 82 y 182. Se informa generalmente que la composición de la aleación 52 es, en peso, 28,0-31,5 % de cromo, 7,0-11,0 % de hierro, no más del 1,0 % de manganeso, no más del 0,10 % de niobio + tántalo, no más del 1,0 % de titanio, no más del 1,10 % de aluminio, no más del 1,5 % de titanio + aluminio, no más del 0,50 % de silicio, no más del 0,30 % de cobre, no más del 0,040 % de carbono, no más del 0,05 % de molibdeno, no más del 0,020 % de fósforo, no más del 0,015 % de azufre, siendo el resto níquel. Generalmente se informa que la aleación 152 tiene una composición que contiene, en peso, 28,0-31,5 % de cromo, no más del 5,0 % de manganeso, 1,0-2,5 % de niobio + tántalo, 7,0-12,0 % de hierro, no más del 0,50 % de titanio, no más del 0,75 % de silicio, no más del 0,50 % de cobre, no más del 0,05 % de carbono, no más del 0,030 % de fósforo, no más del 0,015 % de azufre, no más del 0,50 % de aluminio, no más del 0,50 % de molibdeno, siendo el resto níquel. Generalmente se informa que la aleación 132 tiene una composición que contiene, en peso, 13,0-17,0 % de cromo, no más del 3,5 % de manganeso, 1,5-4,0 % de niobio + tántalo, no más del 11,5 % de hierro, no más del 0,75 % de silicio, no más del 0,50 % de cobre, no más del 0,12 % de cobalto, no más del 0,080 % de carbono, no más del 0,030 % de fósforo, no más del 0,020 % de azufre, y un contenido de níquel mínimo del 62,0 %. Además de lo anterior se han propuesto varios tipos de aleación 52, que incluyen aleaciones introducidas por Special Metals Corp. y una composición informada por Knolls Atomic Power Laboratory como aleación 52i.

45

50 La aleación 82, y particularmente la aleación 182, se han identificado como susceptibles a fisuración por corrosión bajo tensión (SCC) bajo ciertas condiciones de operación de las centrales nucleares, particularmente cuando se exponen a entornos de agua de refrigeración caliente, que incluyen, pero no se limitan a, agua de refrigeración a temperaturas de aproximadamente 290 °C o superiores. Aunque presenta resistencia a la corrosión mejorada en comparación con las aleaciones 82 y 182, la aleación 52 ha demostrado ser más difícil de soldar debido a fisuración por pérdida de ductilidad (DDC) y desgarramiento en caliente. Como tal, sería deseable si un metal de carga de soldadura basado en níquel estuviera disponible que fuera capaz de mostrar resistencia a la fisuración por corrosión bajo tensión mejorada, además de soldabilidad mejorada con el fin de vencer las limitaciones de la técnica anterior.

55

Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona una aleación basada en níquel y procedimientos de soldadura que usan la aleación como metal de carga de soldadura para fabricar y reparar componentes, que incluyen componentes de reactores de centrales nucleares que se ponen en contacto con el agua de refrigeración caliente del reactor.

- 5 Según un primer aspecto de la invención, la aleación basada en níquel consiste en, en peso, 26 al 30 % de cromo, 2 al 4 % de hierro, 2 al 4 % de manganeso, 2 al 3 % de niobio, 1 al 3 % de molibdeno, no más del 0,6 % de titanio, no más del 0,03 % de carbono, no más del 0,05 % de nitrógeno, no más del 0,6 % de aluminio, no más del 0,5 % de silicio, no más del 0,01 % de cobre, no más del 0,02 % de fósforo, no más del 0,01 % de azufre, siendo el resto níquel e impurezas fortuitas.
- 10 Otros aspectos de la invención incluyen consumibles de soldadura formados de la aleación descrita anteriormente, y procedimientos de componentes de soldadura formados de aleaciones basadas en níquel usando la aleación descrita anteriormente. Un ejemplo particular pero no limitante es la soldadura de componentes formados de aleaciones de NiCrFe para producir componentes y elementos estructurales de reactores de agua ligera para centrales nucleares.
- 15 Un efecto técnico de la presente invención es que la aleación basada en níquel puede presentar resistencia a la fisuración por corrosión bajo tensión mejorada, además de soldabilidad mejorada, en comparación con aleaciones convencionales tales como las aleaciones 52, 82 132, 152 y 182.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención se apreciarán mejor a partir de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

- 20 La FIG. 1 representa esquemáticamente una porción de una estructura formada por soldadura de dos componentes juntos usando una aleación de carga de soldadura basada en níquel de la presente invención.
- La FIG. 2 representa esquemáticamente una porción de una estructura formada por recrecimiento con soldadura de un componente usando una aleación de carga de soldadura basada en níquel de la presente invención.
- La FIG. 3 es una gráfica que contiene datos que demuestran el efecto que tiene el contenido de cromo sobre la tasa de propagación de la fisuración por corrosión bajo tensión (SCC) en varias aleaciones basadas en níquel.

25 Descripción detallada de la invención

- La FIG. 1 representa esquemáticamente una estructura 10 que se ha fabricado o reparado por soldadura de dos componentes 12 y 14 juntos, produciendo una soldadura 16 que une metalúrgicamente los componentes 12 y 14. La FIG. 2 representa esquemáticamente una estructura 18 que se ha fabricado o reparado por recrecimiento con soldadura de una superficie de un componente 20 para formar una soldadura 22 en forma de una capa de recrecimiento sobre la superficie del componente. La invención se describirá en referencia particular a las estructuras 10 y 18 que son partes de un reactor de una central nuclear, por ejemplo, un componente del reactor de agua ligera que está en contacto con el agua de refrigeración caliente del reactor, aunque también son predecibles otras aplicaciones. La invención también se describirá en referencia particular a los componentes 12, 14 y 20 que se forman de aleaciones de NiCrFe, ejemplos notables de los cuales incluyen las aleaciones 600 y 690, aunque debe entenderse que la invención también engloba la soldadura de diversas otras aleaciones, ejemplos notables de las cuales incluyen aceros de baja aleación y aceros inoxidables. Ejemplos de los últimos incluyen aceros inoxidables de las series austeníticas 300.

- Según un aspecto preferido de la invención, las soldaduras 16 y 22 se forman a partir de un consumible de soldadura formado de una aleación de carga de soldadura basada en níquel, y la química de la aleación se confecciona para representar soldabilidad potenciada y promover la resistencia a la corrosión y a la fisuración de las soldaduras 16 y 22.
- 40 Como se usa en el presente documento, consumible de soldadura se refiere a electrodos, alambres, polvos y diversas otras formas en las que la aleación puede usarse durante un procedimiento de soldadura para producir las soldaduras 16 y 22. Técnicas de soldadura particularmente notables incluyen soldadura por arco de gas-tungsteno (GTAW), soldadura por arco de gas-metal (GMAW), soldadura por arco metálico protegido (SMAW), soldadura láser, soldadura por haz de electrones y soldadura ultrasónica. Aunque las soldaduras 16 y 22 se representan como una unión a tope y recrecimiento con soldadura, respectivamente, debe entenderse que la aleación y técnica de soldadura puede usarse para formar diversos otros tipos de soldaduras, y también puede usarse para formar soldaduras que llenan cavidades, forman material de chapado o refuerzo, y reparan diversos otros tipos de defectos que podrían estar presentes en la superficie de un componente.

- 50 Generalmente, la aleación de carga de soldadura basada en níquel usada para formar las soldaduras 16 y 22 se formula para tener propiedades físicas y mecánicas similares a las aleaciones de los componentes 12, 14 y 20 que van a soldarse. En este sentido, la aleación de carga de soldadura de la presente invención contiene níquel, cromo y hierro, como las aleaciones de carga de soldadura de la técnica anterior, tales como las aleaciones 52, 82, 132, 152 y 182 que se

han usado previamente para soldar aleaciones de NiCrFe tales como las aleaciones 600 y 690, aceros inoxidable y aceros de baja aleación. Sin embargo, la aleación de carga de soldadura de la presente invención se diferencia significativamente en términos de sus contenidos de cromo y hierro, además de adiciones intencionadas de cantidades significativas de molibdeno y nitrógeno. Químicas amplias, preferidas y nominales para la aleación se resumen en la siguiente Tabla I. Además de los constituyentes enumerados, la aleación puede contener adicionalmente impurezas fortuitas, aunque tales impurezas preferentemente no explican más de aproximadamente el 0,5 por ciento en peso de la aleación.

TABLA I

	Amplias	Preferidas	Nominales
Cr	26 a 30	27 a 29	28,0
Fe	2 a 4	2,5 a 3,5	3,0
Mn	2 a 4	2,5 a 3,5	3,0
Nb	2 a 3	2,0 a 2,5	2,2
Mo	1 a 3	1,9 a 2,2	2,0
Ti	≤ 0,6	0,2 a 0,5	0,35
C	≤ 0,03	≤ 0,025	0,022
N	≤ 0,05	0,02 a 0,03	0,025
Al	≤ 0,6	≤ 0,5	<0,5
Si	≤ 0,5	≤ 0,2	0,1
Cu	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
P	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,01
S	≤ 0,01	0,001 a 0,005	0,002
Ni	resto	resto	resto

Los niveles de aleación anteriores para cromo en la aleación de carga de soldadura se seleccionaron con el deseo de promover la resistencia a la fisuración por corrosión bajo tensión en agua caliente. La cantidad de cromo en la aleación de carga de soldadura es significativamente superior a en las aleaciones 182 y 82 con el fin de proporcionar resistencia mejorada a la fisuración por corrosión bajo tensión (SCC). La FIG. 3 muestra el efecto del cromo sobre la tasa de propagación de SCC en varias aleaciones basadas en níquel. Es evidente de la FIG. 3 que a medida que aumenta el contenido de cromo en la aleación disminuye la tasa de crecimiento de fisuras. Con respecto a la concentración de cromo en la aleación de carga de soldadura de la presente invención se espera que la tasa de crecimiento de SCC sea similar a la de la aleación 52, pero significativamente inferior a la de para la aleación 182 y la aleación 82. Las investigaciones que condujeron a la presente invención demostraron que a medida que aumentó el contenido de cromo en la aleación, la tasa de crecimiento de fisuras disminuyó correspondientemente a la elevada resistencia a la fisuración por corrosión bajo tensión. Como se trata más adelante, la aleación de carga de soldadura también presenta propiedades de soldabilidad mejorada en comparación con la aleación 52.

Además, la aleación de carga de soldadura contiene una adición intencionada de molibdeno muy superior a sus niveles permitidos en las aleaciones 52, 82, 132, 152 y 182, y también contiene una adición intencionada de nitrógeno. La adición de molibdeno se eligió con el fin de mejorar las propiedades de soldabilidad de la aleación. El molibdeno promueve la formación de carburos de molibdeno reaccionando con el carbono en la aleación, reduciendo la cantidad de carbono disponible para reaccionar con cromo y produciendo carburos de cromo, que es una causa principal de fisuración por pérdida de ductilidad (DDC). Como se conoce en la técnica, la fisuración por pérdida de ductilidad es una medida de la soldabilidad de la aleación. La adición de molibdeno también mejora la resistencia a la corrosión de la aleación en agua a alta temperatura. La máxima cantidad de molibdeno se mantiene a 3 para evitar la fisuración por solidificación.

Finalmente, los niveles de los restantes constituyentes de la aleación, y particularmente los niveles de hierro, niobio, carbono, manganeso, silicio, nitrógeno, fósforo y azufre, se eligieron por diversos motivos. El mantener el contenido de

5 hierro relativamente bajo (inferior a en la aleación 52) es con el fin de mejorar la soldabilidad, reduciendo la probabilidad de formar fases de Laves y carburos de $M_{23}C_6$. Las fases de Laves son frágiles y son una de las principales causas de fisuración por solidificación. La aleación de carga de soldadura tiene un contenido de niobio similar a la aleación 82, que tiene buenas propiedades de soldabilidad. La aleación 52 no contiene niobio y experimenta mala soldabilidad. Por tanto, la adición de niobio fue con el fin de mejorar la soldabilidad, favoreciendo la formación de carburos de niobio en lugar de carburos de cromo. La cantidad de carbono (no más del 0,03 %) es inferior a la de las aleaciones 182. Se cree que menores cantidades de carbono son necesarias para evitar la sensibilización, por ejemplo, durante la soldadura. Se cree que la adición de manganeso es beneficiosa ya que mejora la soldabilidad, potenciando la fluidez del conjunto de soldadura. El bajo nivel de silicio contenido en la aleación de carga de soldadura inhibe la formación de fases de Laves y la incidencia de fisuración por solidificación. Aunque la solubilidad de nitrógeno en aleaciones de níquel está limitada, el nitrógeno en las cantidades limitadas especificadas debe promover la soldabilidad. Los niveles de fósforo y azufre deben mantenerse bajos para reducir la fisuración en caliente durante la soldadura.

15 En vista de lo anterior, se espera que las soldaduras formadas con la aleación de carga de soldadura de la presente invención presenten excelente soldabilidad durante la fabricación, procedimientos de reparación y recrecimiento usando la aleación como consumible de soldadura, y se espera que las soldaduras resultantes sean resistentes a la fisuración cuando los componentes soldados se sometan a corrosión y temperaturas elevadas, como en el caso de componentes de reactores de agua ligera que están en contacto con agua refrigerante a altas temperaturas, por ejemplo, aproximadamente 290 °C o más. Por consiguiente, una ventaja técnica de la presente invención es la capacidad para lograr mejoras en el rendimiento global de estructuras soldadas formadas a partir de aceros de baja aleación, aceros inoxidable y aleaciones basadas en níquel, y particularmente aleaciones de NiCrFe tales como las aleaciones 600 y 690 usadas en centrales nucleares. Las ventajas comerciales incluyen posibles ahorros de costes y la minimización de reparaciones y sustituciones durante las paradas de las centrales nucleares.

25 Aunque la invención se ha descrito en términos de una realización preferida, es evidente que otras formas podrían ser adoptadas por un experto en la materia. Por tanto, el alcance de la invención está limitado solamente por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación basada en níquel que consiste en, en peso:
 - 26 al 30 % de cromo;
 - 2 al 4 % de hierro;
 - 5 2 al 4 % de manganeso;
 - 2 al 3 % de niobio;
 - 1 al 3 % de molibdeno;
 - no más del 0,6 % de titanio;
 - 10 no más del 0,03 % de carbono;
 - no más del 0,05 % de nitrógeno;
 - no más del 0,6 % de aluminio;
 - no más del 0,5 % de silicio;
 - no más del 0,01 % de cobre;
 - 15 no más del 0,02 % de fósforo;
 - no más del 0,01 % de azufre;
 - siendo el resto níquel e impurezas fortuitas.
2. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de cromo es del 27 al 29 por ciento en peso.
3. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de cromo es del 28 por ciento en peso.
- 20 4. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de hierro es del 2,5 al 3,5 por ciento en peso.
5. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de manganeso es del 2,5 al 3,5 por ciento en peso.
6. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de niobio es del 2,0 al 2,5 por ciento en peso.
7. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de molibdeno es del 1,9 al 2,2 por ciento en peso.
8. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de titanio es del 0,2 al 0,5 por ciento en peso.
- 25 9. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de carbono es no más del 0,025 por ciento en peso.
10. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de nitrógeno es del 0,02 al 0,03 por ciento en peso.
11. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de aluminio es inferior al 0,5 por ciento en peso.
12. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de silicio es no más del 0,2 por ciento en peso.
13. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de cobre es inferior al 0,01 por ciento en peso.
- 30 14. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de fósforo es inferior al 0,01 por ciento en peso.
15. La aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de azufre es del 0,001 al 0,005 por ciento en peso.
16. Un consumible de soldadura formado de la aleación de la reivindicación 1.
17. Un procedimiento de soldadura de componentes mediante el uso de la aleación de la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento soldar los componentes con la aleación para producir una soldadura sobre una estructura.
- 35 18. El procedimiento según la reivindicación 17, en el que los componentes están formados de una o más aleaciones elegidas del grupo que consiste en aceros de baja aleación, aceros inoxidables y aleaciones basadas en níquel.
19. El procedimiento según la reivindicación 17, en el que los componentes están formados de una o más aleaciones de NiCrFe.
- 40 20. El procedimiento según la reivindicación 17, en el que la estructura está en contacto con agua de refrigeración de una central nuclear.

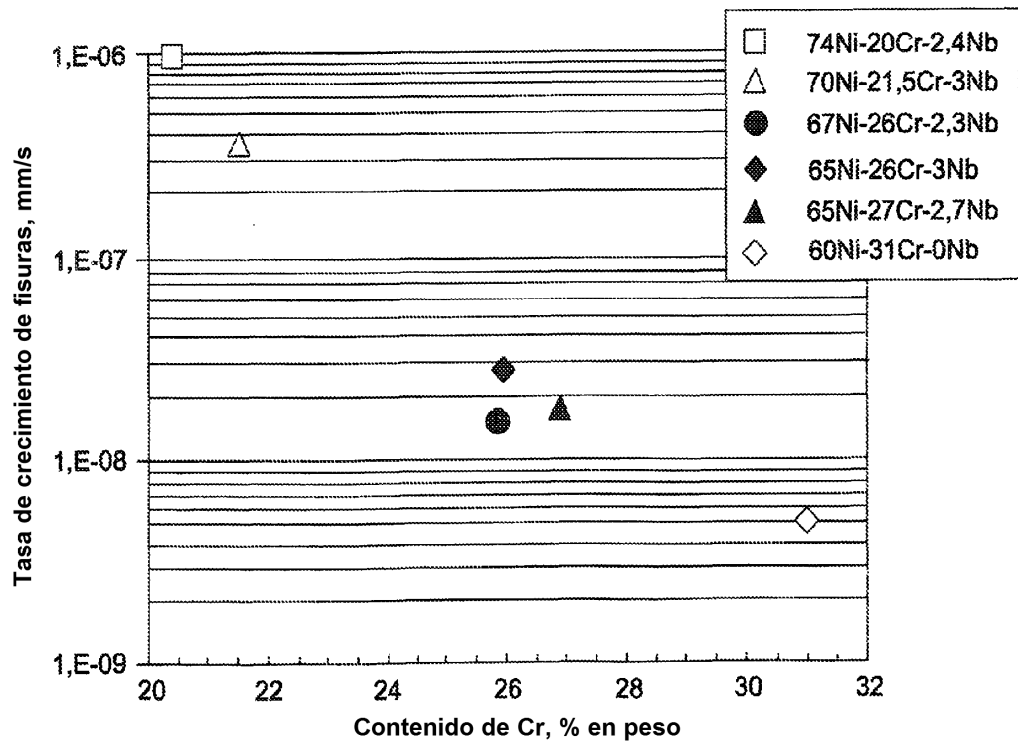
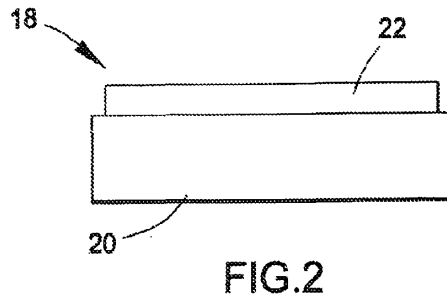
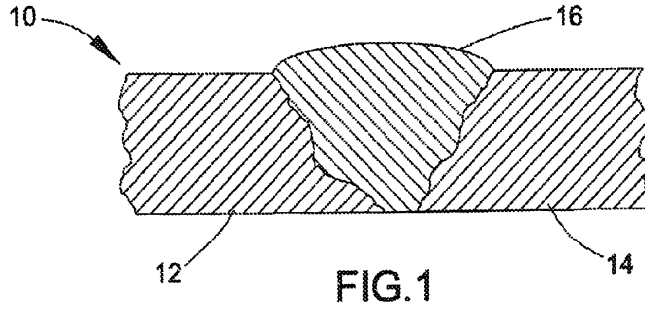


FIG.3