

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 758**

51 Int. Cl.:

F41H 5/04 (2006.01)

B21B 1/00 (2006.01)

C21D 9/42 (2006.01)

C22C 38/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011 E 11831810 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2661601**

54 Título: **Artículo de acero de doble dureza y método de fabricación**

30 Prioridad:

07.01.2011 US 986213

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

26.05.2016

73 Titular/es:

**ATI PROPERTIES, INC. (100.0%)
1600 N.E. Old Salem Road
Albany, OR 97321, US**

72 Inventor/es:

**STEFANSSON, NJALL;
BAILEY, RONALD E. y
SWIATEK, GLENN J.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 571 758 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

Artículo de acero de doble dureza y método de fabricación

5 Antecedentes de la tecnología

Campo de la tecnología

10 La presente descripción se refiere a los campos de aceros de dureza dual, y a métodos de fabricación de aceros de doble dureza.

Descripción de los antecedentes de la tecnología

15 El blindaje de acero de doble dureza chapado por laminación es un material de blindaje altamente eficaz. Un ejemplo de este tipo de blindaje de acero es una placa de blindaje ATI K12 ®-MIL Dual Hard, comercializada por ATI Defense, Washington, PA EE.UU. El blindaje ATI K12 ®-MIL Dual Hard se da a conocer como una realización en la Patente de Estados Unidos n.º 5.749.140. La placa de blindaje ATI K12 ®-MIL Dual Hard es un material chapado por laminación que tiene un lado frontal de alta dureza y un lado trasero más blando. En uso, el lado frontal duro del blindaje se rompe, y aplana un proyectil entrante, y el lado trasero más blando captura y absorbe adicionalmente la energía del proyectil deformado.

20 A pesar de que el blindaje de acero de doble dureza chapado por laminación convencional tiene una considerable resistencia a la penetración balística, producir el material es difícil y costoso. Para conseguir las propiedades mecánicas y balísticas deseadas en el blindaje de acero de doble dureza chapado por laminación convencional, se requieren tratamientos térmicos complejos y otros procesamientos posteriores al chapado por laminación. En particular, es necesario austenitizar, enfriar con aceite, y templar el material posteriormente al chapado por laminación. Adicionalmente, estas etapas del proceso sólo pueden llevarse a cabo cada vez sobre una pequeña sección de una placa chapada por laminación, porque de otra manera podría producirse una excesiva deformación de la placa debido a diferencias en los coeficientes de expansión térmica y en las temperaturas de transformación de las dos aleaciones chapadas por laminación.

25 Adicionalmente, después del tratamiento térmico, las placas de blindaje de acero de doble dureza convencionales deben someterse a un complejo tratamiento de aplanamiento. Sólo un número limitado de plantas de producción están debidamente equipadas para llevar a cabo el tratamiento de aplanamiento. Además, la necesidad de llevar a cabo el tratamiento de aplanamiento en las placas, limita efectivamente el tamaño de las placas de blindaje de acero de doble dureza chapadas por laminación convencionales a un tamaño no mayor de aproximadamente 50,8 * 50,8 cm. Las placas más grandes deben fabricarse uniendo entre sí múltiples placas más pequeñas, aumentando sustancialmente el coste y el tiempo de fabricación de las piezas, así como afectando potencialmente de manera negativa a la integridad de la pieza.

30 El documento US 2249629, que forma el punto de partida para las reivindicaciones 1 y 14, da a conocer un metal blindaje que incluye una zona de soporte y una zona dura. La zona de soporte y la zona dura están unidas integralmente en toda su extensión, de modo que el metal sea una estructura unitaria de una pieza.

35 El documento US 5997665 da a conocer un bloque producido por la yuxtaposición y unión de al menos una placa fabricada con acero para herramientas y al menos una placa de acero blando. El bloque se lamina en caliente y luego se enfría a una temperatura inferior a 200 °C. Después del enfriamiento, se temple el bloque laminado a una temperatura por encima de 450 °C. La lámina revestida obtenida incluye una capa fabricada con acero de herramientas que tiene una estructura martensítica templada, y que contiene carburos primarios y una dispersión fina de carburos secundarios.

40 En consecuencia, existe la necesidad de un método de fabricación de blindaje de acero de doble dureza chapado por laminación que no requiera etapas convencionales posteriores al chapado por laminación, tales como la austenización y el enfriamiento en aceite, y/o que reduzca la necesidad de revenido y de complejos métodos de aplanamiento para muchas aplicaciones. Más generalmente, existe la necesidad de un método mejorado de fabricación de blindaje de acero de doble dureza.

Sumario

60 Las necesidades anteriormente mencionadas se consiguen mediante las reivindicaciones 1 y 14.

65 De acuerdo con otro aspecto no limitante de la presente divulgación, un blindaje de acero de doble dureza comprende una primera aleación de acero endurecible al aire, que tiene una primera dureza de aleación de al menos 574 BHN, y una segunda aleación de acero endurecible al aire, que tiene una segunda dureza de aleación que varía desde 477 BHN hasta 534 BHN, ambas inclusive. La primera aleación de acero endurecible al aire comprende, en porcentaje en peso, entre 0,42 y 0,52 de carbono, entre 3,75 y 4,25 de níquel, entre 1,00 y 1,50 de

5 cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,20 y 1,00 de manganeso, entre 0,20 y 0,50 de silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, hierro e impurezas. La segunda aleación de acero endurecible al aire comprende, en porcentaje en peso, entre 0,22 y 0,32 de carbono, entre 3,50 y 4,00 de níquel, entre 1,60 y 2,00 de cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,80 y 1,20 de manganeso, entre 0,25 y 0,45 de silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, hierro e impurezas. Existe una zona de unión metalúrgica entre la primera aleación de acero endurecible al aire y la segunda aleación de acero endurecible al aire y auto-templada.

10 De acuerdo con otro aspecto más de la presente divulgación, un método de fabricación de un blindaje de acero de doble dureza comprende: proporcionar una primera pieza de aleación de acero endurecible al aire que comprenda una primera superficie de acoplamiento y que tenga una primera dureza de pieza; y proporcionar una segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire que comprenda una segunda superficie de acoplamiento y que tenga una segunda dureza de pieza. La primera dureza de pieza es mayor que la segunda dureza de pieza. La primera pieza y la segunda pieza están dispuestas de manera que al menos una porción de la primera superficie de acoplamiento haga contacto con al menos una porción de la segunda superficie de acoplamiento, y la primera pieza y la segunda pieza están fijadas metalúrgicamente para formar un conjunto metalúrgicamente fijado. El conjunto metalúrgico fijado se lamina en caliente para proporcionar una unión metalúrgica entre la primera superficie de acoplamiento y la segunda superficie de acoplamiento.

20 Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de los métodos descritos en el presente documento pueden entenderse mejor por referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

25 La FIG. 1A es vista en perspectiva esquemática de una realización no limitante del artículo de acero de doble dureza, de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 1B es una vista en sección transversal esquemática de la realización del artículo de acero de doble dureza mostrada en la FIG. 1A; y

30 La FIG. 2 es un diagrama de flujo de una realización no limitante de un método de fabricación de un artículo de acero de doble dureza, de acuerdo con la presente divulgación.

El lector apreciará los detalles que anteceden, así como otros, al considerar la siguiente descripción detallada de ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación.

35 Descripción detallada de algunas realizaciones no limitantes

40 Debe comprenderse que algunas descripciones de las realizaciones dadas a conocer en el presente documento se han simplificado para ilustrar únicamente aquellos elementos, características y aspectos que sean relevantes para una clara comprensión de las realizaciones dadas a conocer, al tiempo que se han eliminado otros elementos, características y aspectos, con fines de claridad. Los expertos en la materia, al considerar la presente descripción de las realizaciones dadas a conocer, reconocerán que otros elementos y/o características pueden ser deseables en una implementación o aplicación particular de las realizaciones dadas a conocer. Sin embargo, debido a que los expertos en la materia pueden determinar e implementar fácilmente tales otros elementos y/o características al considerar la presente descripción de las realizaciones dadas a conocer, y por lo tanto no son necesarios para una comprensión completa de las realizaciones dadas a conocer, en el presente documento no se proporciona una descripción de dichos elementos y/o características. Como tal, debe comprenderse que la descripción expuesta en el presente documento es meramente ejemplar e ilustrativa de las realizaciones dadas a conocer, y que no pretende limitar el alcance de la invención tal como se define únicamente por las reivindicaciones.

50 En la presente descripción de realizaciones no limitantes, excepto en los ejemplos operativos o cuando se indique lo contrario, el término "aproximadamente" modifica en todos los casos todos los números que expresen cantidades o características. En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos expuestos en la siguiente descripción son aproximaciones que pueden variar, dependiendo de las propiedades deseadas a obtener en la materia objeto de acuerdo con la presente descripción. Por lo menos, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico deberá al menos interpretarse a la luz del número de dígitos significativos presentados, y mediante la aplicación de técnicas de redondeo ordinarias.

60 También, cualquier intervalo numérico citado en el presente documento pretende incluir todos los subintervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo de "1 a 10" pretende incluir todos los subintervalos entre (e incluyendo) el valor mínimo enumerado de 1 y el valor máximo enumerado de 10, es decir, que tenga un valor mínimo igual o mayor que 1 y un valor máximo igual o inferior a 10. Cualquier limitación numérica máxima enumerada en el presente documento pretende incluir todas las limitaciones numéricas inferiores incluidas en la misma, y cualquier limitación numérica mínima enumerada en el presente documento pretende incluir todas las limitaciones numéricas superiores incluidas en la misma. De acuerdo con ello, los Solicitantes se reservan el

derecho a modificar la presente divulgación, incluyendo las reivindicaciones, para enumerar expresamente cualquier subintervalo incluido dentro de los intervalos expresamente enumerados en el presente documento. Todos estos intervalos están previstos para su divulgación inherente en el presente documento, de tal modo que la modificación para enumerar explícitamente dichos subintervalos cumpla con los requisitos de 35 U.S.C. § 112, párrafo primero, y 35 U.S.C. § 132 (a).

Los artículos gramaticales "uno", "un", "uno/a", y "el/la/los", como se usan en el presente documento, pretenden incluir "al menos uno/a" o "uno/a o más", a menos que se indique lo contrario. Por lo tanto, en el presente documento los artículos se utilizan para referirse a uno/a o más de uno/a (es decir, a por lo menos uno/a) de los objetos gramaticales del artículo. A modo de ejemplo, "un componente" quiere decir uno o más componentes y, por lo tanto, posiblemente se contempla más de un componente, y se puede emplear o utilizar en una implementación de las realizaciones descritas.

La presente divulgación incluye descripciones de diversas realizaciones. Debe comprenderse que todas las realizaciones descritas en el presente documento son ejemplares, ilustrativas, y no limitantes. Por lo tanto, la invención no está limitada por la descripción de las diversas realizaciones ejemplares, ilustrativas, y no limitantes. Más bien, la invención se define únicamente por las reivindicaciones, las cuales pueden modificarse para enumerar características descritas de forma expresa o intrínsecamente en la presente divulgación, o que estén soportadas de otra manera de forma expresa o inherente por la misma.

Los aspectos de la presente divulgación incluyen realizaciones no limitantes de aceros y artículos de acero de doble dureza, o "dureza dual". Posibles formas de artículos de acero de acuerdo con la presente divulgación incluyen, por ejemplo, placas de blindaje de acero de doble dureza u otras formas que comprendan aleaciones de acero endurecible al aire.

En el presente documento, una aleación de acero "endurecible al aire" se refiere a una aleación de acero que no requiere enfriamiento rápido en un líquido para conseguir su alta dureza final. En su lugar, se puede conseguir una alta dureza en una aleación de acero endurecido al aire, por simple refrigeración de alta temperatura al aire. Debido a que las aleaciones de acero endurecible al aire no necesitan enfriarse en líquido para lograr una alta dureza, los artículos de acero endurecible al aire, tales como por ejemplo las placas de acero endurecible al aire, no están sujetos a la distorsión y deformación excesivas que pueden producirse por un enfriamiento rápido en líquido. Las aleaciones de acero endurecible al aire de acuerdo con la presente divulgación se pueden procesar usando técnicas de chapado por laminación convencionales, y luego enfriarse con aire para formar una placa u otro artículo de blindaje de acero de doble dureza, sin la necesidad del tratamiento térmico y enfriamiento en líquido convencionales, posteriores al chapado por laminación, para lograr una alta dureza.

Las aleaciones de acero de blindaje se pueden clasificar generalmente, de acuerdo a la dureza, entre los siguientes grupos: (i) las aleaciones de blindaje homogéneo laminado ("RHA") exhiben una dureza que varía desde 212 a 388 BHN (número de dureza Brinell) bajo la norma militar de Estados Unidos MIL-A-12560H, y también se conocen como aleaciones de blindaje de acero 400 BHN; (ii) las aleaciones de blindaje de alta dureza ("HHA") exhiben una dureza que varía desde 477 a 534 BHN bajo la norma militar de Estados Unidos MIL-DTL-4610E, y también se conocen como aleaciones de blindaje de acero 500 BHN; y (iii) las aleaciones de blindaje de ultra alta dureza ("UHH") exhiben una dureza mínima de 570 BHN bajo la norma militar de Estados Unidos MIL-DTL-32332, y también se conocen como aleaciones de blindaje de acero 600 BHN. Adicionalmente, las aleaciones de blindaje de acero 700 BHN endurecible al aire están en desarrollo. De acuerdo con ciertas realizaciones no limitantes, las aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire fabricadas mediante los métodos del presente documento, que se utilizan para formar blindajes de acero de doble dureza, incluyen, pero sin limitación, aleaciones seleccionadas a partir de aleaciones RHA, aleaciones HHA, aleaciones UHH, y potencialmente aleaciones de blindaje de acero 700 BHN. En la actualidad, los presentes inventores no tienen conocimiento de ningún ejemplo comercial de blindajes de acero endurecible al aire BHN 400 y 700 BHN.

La FIG. 1A es una vista esquemática en perspectiva, y la FIG. 1B es una vista en sección transversal esquemática de una realización no limitante de un artículo de acero de doble dureza 10, de acuerdo con la presente divulgación. El artículo de acero de doble dureza 10 puede utilizarse como un blindaje de doble dureza. El artículo de acero de doble dureza 10 comprende una capa de una primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12, que tiene una primera dureza de aleación, y una capa de una segunda aleación de acero endurecible al aire 14 que tiene una segunda dureza de aleación. En una realización no limitante, la primera dureza de aleación es mayor que la segunda dureza de aleación. Una zona de unión metalúrgica 16 conecta al menos una zona de la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12 y al menos una zona de la segunda aleación de blindaje de acero endurecible al aire 14. Tal como se utiliza en el presente documento, una "unión metalúrgica" se refiere a la unión de las aleaciones por difusión, soldadura, mezcla, o atracción intermolecular o intergranular entre las aleaciones en una zona interfacial. En la zona de unión metalúrgica 16, la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire está interdifundida con la segunda aleación de blindaje de acero endurecible al aire, asegurando de este modo las dos aleaciones entre sí. Los expertos en la materia comprenderán la naturaleza zona de una unión metalúrgica entre dos aleaciones de acero, y las técnicas que pueden utilizarse para formar la misma, con el fin de asegurar entre sí las dos aleaciones de acero. En una realización no limitante, la zona de unión metalúrgica tiene un espesor que varía

entre aproximadamente 750 μm y aproximadamente 1500 μm . Debe comprenderse, sin embargo, que puede formarse una zona de unión metalúrgica con cualquier espesor adecuado, para asegurar entre sí la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12 y la segunda aleación de acero endurecible al aire 14.

5 En ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación, la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire tiene una dureza de al menos 574 BHN. Un ejemplo no limitante de aleación de blindaje de acero UHH endurecible al aire, o aleación de blindaje de acero 600 BHN, que tiene una dureza de al menos 574 BHN cuando se endurece al aire es ATI 600-MIL® Ultra High Hard Specialty Steel Armor, comercializada por ATI Defense, Washington, PA EE.UU., y que se da a conocer en la Solicitud de Patente de Estados Unidos relacionada
10 n.º 12/184.573. ATI 600-MIL® Ultra High Hard Specialty Steel Armor comprende, en porcentaje en peso, entre 0,42 y 0,52 de carbono, entre 3,75 y 4,25 de níquel, entre 1,00 y 1,50 de cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,20 y 1,00 de manganeso, entre 0,20 y 0,50 de silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, siendo el resto hierro e impurezas inevitables. En una realización no limitante, las impurezas consisten en elementos residuales según los requisitos de la norma militar de Estados Unidos MIL-DTL-32332.

15 En ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación, la segunda aleación de blindaje de acero endurecible al aire tiene una dureza que varía desde 477 BHN hasta 534 BHN, ambas inclusive. Un ejemplo no limitante de blindaje de aleación de acero UHH endurecible al aire, que tiene una dureza que varía desde 477 BHN hasta 534 BHN, ambas inclusive, es ATI 500-MIL® High Hard Specialty Steel Armor, comercializada por ATI Defense. ATI 500-MIL® High Hard Specialty Steel Armor comprende, en porcentaje en peso, entre 0,22 y 0,32 de carbono, entre 3,50 y 4,00 de níquel, entre 1,60 y 2,00 de cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,80 y 1,20 de manganeso, entre 0,25 y 0,45 de silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, siendo el resto hierro e impurezas inevitables. En una realización no limitante, las impurezas consisten en elementos residuales según los requisitos de la norma militar de Estados Unidos MIL-DTL-46100E. En ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo
20 con la presente divulgación, la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire tiene una dureza de al menos 574 BHN, y la segunda aleación de acero endurecible al aire tiene una dureza que varía desde 477 BHN a 534 BHN, ambas inclusive.

30 Con referencia de nuevo a las Figs. 1A y 1B, el artículo de blindaje de acero de doble dureza 10 puede tener la forma, por ejemplo, de una placa de blindaje de acero de doble dureza fabricada a partir de aleaciones de acero endurecible al aire que tengan diferentes valores de dureza. La pieza frontal 18 del artículo o blindaje de acero de doble dureza 10 incluye la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12, que tiene un valor de dureza relativamente alto. La pieza frontal 18 incluye una "cara de impacto", que es una cara expuesta de la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12. A proyectil balístico se rompe y/o aplana al hacer contacto con el lado frontal 18. El lado posterior 19, o placa de soporte de la placa de blindaje de acero de doble dureza 10
35 endurecible al aire comprende la segunda aleación de blindaje de acero 14, que presenta una dureza inferior a la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12. El lado posterior 19 más blando y más dúctil sirve para capturar fragmentos del proyectil pasan a través del lado frontal 18, y absorbe la energía de un proyectil de impacto después de que el proyectil impacte con la cara de impacto. Aunque sin querer estar limitado a ninguna teoría particular de operación, se cree que la presencia del lado posterior 19, y de la unión metalúrgica entre la primera y la segunda aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire 12, 14, inhibe el agrietamiento y/o la propagación de grietas en el lado frontal 18 relativamente duro, cuando un proyectil balístico impacta sobre el mismo.

45 En una realización no limitante, la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12 del lado frontal 18, del artículo o blindaje de acero de doble dureza 10, tiene una dureza Rockwell C de 58 a 65 Rc. En otra realización no limitante, la segunda aleación de acero endurecible al aire 14, que comprende el lado posterior 19 o placa de soporte del artículo o blindaje de acero de doble dureza 10, tiene una dureza Rockwell C de 45 a 55 Rc. En otra realización más, la diferencia entre la dureza Rockwell C de la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12 y la segunda aleación de acero endurecible al aire 14 es de aproximadamente 10 a 15 puntos de Rc.

50 En otra realización no limitante, la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12, del lado frontal 18 del artículo de acero de doble dureza 10, puede ajustarse a la norma militar de Estados Unidos MIL-DTL-32332 (MR). En otra realización no limitante, la segunda aleación de acero endurecible al aire 14, que comprende el lado posterior 19 o placa de soporte del artículo de acero de doble dureza 10 se ajusta a la norma militar de estados Unidos MIL-DTL-46100E (MR).

60 Está dentro del alcance de la presente divulgación unir metalúrgicamente entre sí cualquier combinación adecuada de diferentes aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire, que sea conocida en la actualidad o en el futuro para los expertos en la materia, para proporcionar un artículo de acero de doble dureza. Por ejemplo, en ciertas realizaciones no limitantes, una aleación de blindaje de acero BHN 400 endurecible al aire puede unirse metalúrgicamente a una aleación de blindaje de acero BHN 500 endurecible al aire o a una aleación de blindaje de acero BHN 600 endurecible al aire. En cualquiera de estos casos, la aleación más dura servirá como la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire y como primer lado, que normalmente estará expuesto a la amenaza balística a fin de entrar primero en contacto un proyectil balístico entrante.

65

La Tabla 1 enumera varias realizaciones no limitantes de artículos de doble dureza, de acuerdo con la presente divulgación, que pueden fabricarse mediante un método que incluya unir metalúrgicamente combinaciones de aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire de diferentes durezas. En cada una de tales combinaciones de aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire enumeradas en la Tabla 1, con referencia a la realización no limitante del artículo 10 ilustrado en las Figs. 1A y 1B, por ejemplo, la aleación de la combinación particular que presente mayor dureza servirá como la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire 12, incluida en el lado frontal 18, y la aleación que exhiba menor dureza servirá como la segunda aleación de acero endurecible al aire 14, incluida en el lado posterior 19. Las referencias de la Tabla 1 a 400, 500, 600 y 700, respectivamente, son referencias a una aleación de blindaje de acero 400 BHN endurecible al aire, una aleación de blindaje de acero 500 BHN endurecible al aire, una aleación de blindaje de acero 600 BHN endurecible al aire, y una aleación de blindaje de acero 700 BHN endurecible al aire. En las combinaciones de la Tabla 1 en las que los mismos tipos de aleación estén combinados como la primera y la segunda aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire (por ejemplo, "500/500"), la primera aleación de blindaje de acero endurecible al aire, incluida en el primer lado 18 de la placa 10, tendrá mayor dureza que la segunda aleación de blindaje de acero endurecible al aire, incluida en el lado posterior 19.

Tabla 1			
Segunda Aleación de Blindaje de Acero Endurecible al Aire (Tipo de BHN de la Aleación)	Primera Aleación de Blindaje de Acero Endurecible al Aire (Tipo de BHN de la Aleación)		
	500	600	700
400	500/400	600/400	700/400
500	500/500	600/500	700/500
600		600/600	700/600

Con referencia a la Tabla 1, ciertas realizaciones no limitantes de una placa de blindaje de acero de doble dureza, u otro artículo de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, combinan los siguientes dos tipos de aleación endurecible al aire a modo de la primera aleación de acero endurecible al aire y la segunda aleación de acero endurecible al aire, respectivamente: aleación de acero 400 BHN (mayor dureza) + aleación de acero 400 BHN (menor dureza); aleación de acero 500 BHN + aleación de acero 400 BHN; aleación de acero 500 BHN (mayor dureza) + aleación de acero 500 BHN (menor dureza); aleación de acero 600 BHN + aleación de acero 400 BHN; aleación de acero 600 BHN + aleación de acero 500 BHN; aleación de acero 600 BHN (mayor dureza) + aleación de acero 600 BHN (menor dureza); aleación de acero 700 BHN + aleación de acero 400 BHN; aleación de acero 700 BHN + aleación de acero 500 BHN; aleación de acero 700 BHN + aleación de acero BHN 600; y aleación de acero 700 BHN (mayor dureza) + aleación de acero 700 BHN (menor dureza).

En ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación, la segunda aleación de acero endurecible al aire comprende un acero auto-revenido endurecible al aire. En el presente documento, "acero auto-revenido" se refiere a un acero en el cual el carbono en el acero se precipita parcialmente a partir de porciones de la fase martensítica durante el enfriamiento al aire, formando una dispersión fina de carburos de hierro en una matriz de α -hierro que aumentan la tenacidad de la aleación de acero. En ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación, un acero auto-revenido incluido a modo de la segunda aleación de acero endurecible al aire presenta propiedades de tracción a temperatura ambiente que incluyen una resistencia a la tracción de al menos 1792 MPa, un límite elástico de al menos 1034 MPa y un alargamiento de al menos el 13 %. En otra realización no limitante de acuerdo con la presente divulgación, un acero auto-revenido incluido a modo de la segunda aleación de acero endurecible al aire presenta propiedades de tracción a temperatura ambiente que incluyen una resistencia a la tracción de al menos 1655 MPa, un límite elástico de al menos 965 MPa y un alargamiento de al menos el 9 %. En ciertas realizaciones no limitantes, un acero auto-revenido endurecible al aire que puede usarse como la segunda aleación de acero endurecible al aire, en los artículos de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, tiene las propiedades mínimas de impacto Charpy con entalla en V enumeradas en la Tabla 2, medidas de acuerdo con métodos de ensayo estándares enumerados en ASTM A370 - 10. El ensayo de impacto Charpy con entalla en V es un ensayo de impacto de la velocidad de deformación rápida, que mide la capacidad de una aleación de acero para absorber la energía, proporcionando de ese modo una medida de la tenacidad de la aleación de acero.

Tabla 2		
Propiedades de Impacto Charpy con Entalla en V (normales)		
	Anchura de la probeta 5 mm (0,200 pulg)	Anchura de la probeta 7 mm (0,275 pulg)
Temperatura Ambiente		
Energía	32,6 J (24 pie·lb)	38,0 J(28 pie·lb)
Expansión Lateral	0,1 mm (0,005 pulg)	0,1 mm (0,005 pulg)

(-40 °C)		
Energía	27,1 J (20 pie·lb)	27,1 J (20 pie·lb)
Expansión Lateral	0,1 mm (0,004 pulg)	0,1 mm (0,004 pulg)

En otra realización no limitante de acuerdo con la presente divulgación, un acero auto-revenido endurecible al aire que se puede usar como la segunda aleación de acero endurecible al aire, en los artículos de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, es ATI 500-MIL® High Hard Specialty Steel Armor. En otra realización no limitante, un acero auto-revenido endurecible al aire que se puede usar como la segunda aleación de acero endurecible al aire, en ciertos artículos de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, es una aleación de acero (UNS G48200) de grado AISI 4820 que tiene unos intervalos de composición nominal, de porcentajes en peso, de entre el 0,18 y el 0,23 % de carbono, de entre el 0,50 y el 0,70 % de manganeso, hasta el 0,035 % de fósforo, hasta el 0,04 % de azufre, de entre el 0,15 y el 0,30 % de silicio, de entre el 3,25 y el 3,75 % de níquel, de entre el 0,20 y el 0,30 % de molibdeno, hierro e impurezas inevitables, y que presenta unas propiedades según se indica en la norma ASTM A29/A29M - 05.

En ciertas realizaciones no limitantes de un artículo de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, al menos una de la primera aleación de acero endurecible al aire y la segunda aleación de acero endurecible al aire comprende una aleación de acero endurecible al aire de níquel-molibdeno-cromo. En ciertas realizaciones no limitantes de un artículo de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, la primera aleación de acero endurecible al aire es una aleación de acero de níquel-molibdeno-cromo que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en, en porcentaje en peso, entre 0,42 y 0,52 de carbono, entre 3,75 y 4,25 de níquel, entre 1,00 y 1,50 de cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,20 y 1,00 de manganeso, entre 0,20 y 0,50 silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, hierro e impurezas. En ciertas otras realizaciones no limitantes de un artículo de acero de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación, la primera aleación de acero endurecible al aire es una aleación de acero de níquel-molibdeno-cromo que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en, en porcentaje en peso, entre 0,22 y 0,32 de carbono, entre 3,50 y 4,00 de níquel, entre 1,60 y 2,00 de cromo, entre 0,22 y 0,37 de molibdeno, entre 0,80 y 1,20 de manganeso, entre 0,25 y 0,45 de silicio, hasta 0,020 de fósforo, hasta 0,005 de azufre, hierro, e impurezas inevitables.

Un aspecto de acuerdo con la presente divulgación se refiere a artículos de fabricación que comprendan, o que consistan en, un artículo de aleación de acero de doble dureza, que comprenda aleaciones de acero endurecible al aire de acuerdo con la presente divulgación. En ciertas realizaciones no limitantes, el artículo de fabricación se selecciona de entre un blindaje, un casco de vehículo protector contra explosiones, un casco de vehículo protector contra explosiones en forma de V, una parte inferior de vehículo protectora contra explosiones, y un recinto protector contra explosiones.

Un aspecto adicional de acuerdo con la presente divulgación se refiere a métodos de fabricación de un artículo de acero de doble dureza tal como, por ejemplo, un blindaje de acero de doble dureza en forma de una placa u otro artículo. Con referencia al diagrama de flujo de la FIG. 2, una realización no limitante de un método 20 de acuerdo con la presente divulgación, para fabricar un blindaje de acero de doble dureza, incluye proporcionar (etapa 21 en la FIG. 2) una primera pieza de aleación de acero endurecible al aire que comprende una primera superficie de acoplamiento, y que tiene una primera dureza de pieza, y proporcionar (22) una segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire que comprende una segunda superficie de acoplamiento y que tiene una segunda dureza de pieza. En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, la primera dureza de pieza es mayor que la segunda dureza de pieza. En diversas realizaciones no limitantes del método 20, cada una de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire se selecciona independientemente de entre una placa, un desbaste plano, una lámina, y una pieza fundida de una aleación de acero endurecible al aire. Con referencia de nuevo a la FIG. 2, la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire se colocan (23) de manera que al menos una porción de la primera superficie de acoplamiento haga contacto con al menos una porción de la segunda superficie de acoplamiento. En una realización no limitante, toda la porción de la primera superficie de acoplamiento hace contacto con toda la porción de la segunda superficie de acoplamiento. La primera pieza de aleación de acero endurecible al aire se fija metalúrgicamente (24) a la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, para formar un conjunto metalúrgicamente fijado. El conjunto metalúrgicamente fijado se lamina en caliente (25) para proporcionar una zona de unión metalúrgica entre la totalidad o una porción de la primera superficie de acoplamiento y la segunda superficie de acoplamiento, uniendo metalúrgicamente de esta manera la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire. Se enfría (26) el conjunto laminado en caliente. En ciertas realizaciones no limitantes, opcionalmente se rectifica al menos una porción de al menos una de la primera superficie de acoplamiento y la segunda superficie de acoplamiento, antes de la etapa de colocación (23).

Como se ha indicado, en el método 20 de la FIG. 2, la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire se fija metalúrgicamente a la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, para formar un conjunto metalúrgicamente fijado antes de la laminación en caliente. Tal como se usa en el presente documento, "fijación metalúrgica" se refiere a la unión de las aleaciones por difusión, mezcla, atracción intermolecular o intergranular

entre las aleaciones, o entre las aleaciones y una aleación de soldadura. En el presente documento, el artículo intermedio producido al fijar metalúrgicamente entre sí la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire se denomina conjunto metalúrgicamente fijado, o conjunto soldado, para facilitar la referencia. En ciertas realizaciones no limitantes de un método de acuerdo con la presente divulgación, fijar metalúrgicamente la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire a la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, comprende fijar entre sí la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire mediante la soldadura mutua de al menos una zona de la periferia de la primera superficie de acoplamiento con al menos una zona de la periferia de la segunda superficie de acoplamiento. En ciertas realizaciones no limitantes, fijar metalúrgicamente la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire a la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, comprende soldar entre sí toda la periferia de la primera superficie de acoplamiento y toda la periferia de la segunda superficie de acoplamiento. Fijar metalúrgicamente (24) entre sí la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire sitúa correctamente las dos piezas, de manera que puedan unirse metalúrgicamente entre sí mediante una etapa de laminación en caliente posterior. Teniendo en cuenta este hecho, no es necesario soldar o fijar metalúrgicamente de otra manera entre sí toda la periferia de la primera superficie de acoplamiento y toda la periferia de la segunda superficie de acoplamiento.

En otra realización no limitante, fijar metalúrgicamente la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire a la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, para formar un conjunto metalúrgicamente fijado, comprende unir por explosión al menos una zona de la primera superficie de acoplamiento y al menos una zona de la segunda superficie de acoplamiento. El proceso de unión por explosión de metales y aleaciones de metales es conocido por los expertos en la materia, y no necesita elaborarse adicionalmente en el presente documento.

En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, antes de fijar metalúrgicamente (24) la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire, puede ser necesario o deseable preparar la primera y la segunda superficies de acoplamiento, por ejemplo, rectificando la totalidad, o una porción, de una o ambas superficies. En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, antes de laminar en caliente el conjunto metalúrgicamente fijado, puede ser deseable expulsar el aire entre la primera y la segunda superficies de acoplamiento en el conjunto metalúrgicamente fijado. Estas etapas adicionales pueden garantizar una mejor formación de una unión metalúrgica adecuada entre la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire, al laminar en caliente el conjunto metalúrgico fijado. Los expertos en la materia podrán determinar, sin experimentación indebida, si tales etapas previas de laminado en caliente son necesarias o deseables.

Con referencia de nuevo a la FIG. 2, el método 20 incluye la laminación en caliente (25) del conjunto metalúrgicamente fijado, para formar una unión metalúrgica entre al menos una porción de la primera superficie de acoplamiento, de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire, y por lo menos una porción de la segunda superficie de acoplamiento de la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire. En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, la laminación en caliente (25) comprende laminar en caliente el conjunto metalúrgicamente fijado a una temperatura de laminación en caliente, en el intervalo de entre aproximadamente 371,1 °C y aproximadamente 1149 °C, ambas inclusive. En una realización no limitante, la temperatura mínima del conjunto laminado en caliente, que sale de la planta de laminación durante el laminado en caliente final, es de aproximadamente 371,1 °C. En otra realización no limitante, la laminación en caliente (25) se lleva a cabo con el conjunto metalúrgicamente fijado a una temperatura de laminación en caliente que sea superior a $0,5T_f$, y que llegue hasta la temperatura más alta a la que no se produzca la fusión incipiente de la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire, siendo T_f la temperatura de fusión de la pieza de aleación de acero endurecible al aire que tenga la temperatura de fusión más alta en el conjunto metalúrgicamente fijado. La laminación en caliente (25) del conjunto metalúrgico fijado se lleva a cabo para unir metalúrgicamente entre sí la primera y la segunda piezas de aleación de acero endurecible al aire, a lo largo de toda su interfaz o una porción de la misma, proporcionando con ello una pieza de aleación de acero de doble dureza con una integridad adecuada. La laminación en caliente produce una zona de unión metalúrgica en la que la primera y la segunda aleaciones de acero endurecible al aire quedan interdifundidas. Los expertos en la materia, con la lectura de la presente divulgación, pueden determinar una temperatura de laminación en caliente adecuada sin experimentación indebida. Adicionalmente, dado que la técnica de laminación en caliente de un conjunto de piezas de aleación de acero, para unir metalúrgicamente las piezas a lo largo de una interfaz, es conocida por los expertos en la materia, podrán llevar a cabo con éxito la etapa de laminación en caliente de acuerdo con los métodos de la presente divulgación, sin necesidad de análisis adicional en el presente documento.

En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, la laminación en caliente (25) el conjunto metalúrgico fijado comprende laminar en caliente el conjunto a un espesor adecuado, para su uso como una placa u otro artículo de blindaje de acero de doble dureza. Ejemplos no limitantes de posibles espesores del artículo varían, por ejemplo, desde una lámina con un espesor de 0,102 cm hasta una placa con un espesor de 7,62 cm. En otras realizaciones no limitantes del método 20, la laminación en caliente del conjunto metalúrgico fijado comprende laminar en caliente el conjunto a un espesor intermedio, granallar al menos una superficie exterior del conjunto, y laminar adicionalmente en caliente el conjunto granallado a un espesor adecuado, para su uso como una placa u otro artículo de blindaje de acero de doble dureza. Tales otros artículos incluyen, por ejemplo, artículos seleccionados de entre un casco de vehículo protector contra explosiones, un casco de vehículo protector contra explosiones en forma de V, una parte inferior de vehículo protectora contra explosiones, y un recinto protector contra explosiones.

En ciertas realizaciones no limitantes del método 20, la laminación en caliente del conjunto metalúrgicamente asegurado resulta en una unión metalúrgica, a lo largo de sustancialmente toda la interfaz de la primera y segunda superficies de acoplamiento opuestas, de la primera aleación de acero endurecible al aire y la segunda aleación de acero endurecible al aire, respectivamente. En tal caso, el artículo de acero de doble dureza resultante puede tener la estructura, por ejemplo, del artículo 10 representado esquemáticamente en las Figs. 1A y 1B, en el que la zona de unión metalúrgica 16 se produce por laminado en caliente, y se extiende a lo largo de sustancialmente toda la interfaz entre la primera aleación de acero endurecible al aire 12 y la segunda aleación de acero endurecible al aire 14.

A medida que las aleaciones de acero endurecible al aire del conjunto laminado en caliente se enfrían al aire desde la temperatura de laminación en caliente, las aleaciones se endurecen a las durezas deseadas, sin la necesidad de etapas posteriores al chapado por laminación para lograr una alta dureza. Por ejemplo, una aleación de acero 400 BHN incluida como la primera o la segunda aleación de acero endurecible al aire en el conjunto laminado en caliente, desarrollará una dureza de entre 212 y 388 BHN al enfriarse al aire ambiente desde la temperatura de laminación en caliente. Una aleación de acero 500 BHN incluida como la primera o la segunda aleación de acero endurecible al aire en el conjunto laminado en caliente, desarrollará una dureza de entre 477 y 535 BHN al enfriarse al aire ambiente desde la temperatura de laminación en caliente. Una aleación de acero 600 BHN incluida como la primera o la segunda aleación de acero endurecible al aire en el conjunto laminado en caliente, desarrollará una dureza mínima de 570 BHN al enfriarse al aire ambiente desde la temperatura de laminación en caliente. Debido a que las aleaciones de blindaje de acero endurecible al aire, tales como, por ejemplo, aleaciones de blindajes de acero 400 BHN, 500 BHN, 600 BHN, y 700 BHN, no requieren etapas posteriores al chapado por laminación, tales como la austenización, y el temple en aceite, los artículos de aleación de acero de doble dureza fabricados de acuerdo con los métodos de la presente divulgación pueden fabricarse con un tamaño sólo limitado por el equipo de laminación en caliente disponible, al tiempo que se mantienen las propiedades deseadas de resistencia balística. Debido a que la etapa de temple en aceite convencional, posterior a la laminación en caliente, no es necesaria para lograr la dureza deseada en aleaciones endurecibles al aire utilizadas en los artículos y métodos de la presente divulgación, puede ser innecesario aplanar los artículos de aleación de acero de doble dureza fabricados mediante los métodos analizados en el presente documento. El temple de artículos de la presente divulgación puede ser innecesario para ciertas aplicaciones, pero aun así puede resultar necesario para otras. El temple puede mejorar el rendimiento del artículo al aumentar la tenacidad del artículo. En caso de que se requiera aplanamiento, se requerirá a un grado menor debido a que la distorsión por tratamiento térmico, como resultado de las realizaciones de los métodos de la presente divulgación, será menor que en los materiales enfriados con aceite. Adicionalmente, debido a la naturaleza endurecible al aire de las aleaciones utilizadas en los presentes métodos y artículos, el serrado mecánico de los artículos de aleación de acero de doble dureza descritos en el presente documento no da lugar a la deformación de los artículos.

Los ejemplos que siguen están destinados a describir adicionalmente ciertas realizaciones no limitantes, sin limitar el alcance de la presente invención. Los expertos en la materia apreciarán que son posibles variaciones de los siguientes ejemplos, dentro del alcance de la invención, que se define únicamente por las reivindicaciones.

EJEMPLO 1

En un ejemplo no limitante de un blindaje de acero de doble dureza endurecible al aire de acuerdo con la presente divulgación, se utiliza ATI 600-MIL® Ultra High Hard Specialty Steel Armor Alloy para el lado frontal o placa de impacto del blindaje, y se utiliza ATI 500® High Hard Specialty Steel Armor Alloy como el lado posterior o placa de refuerzo del blindaje. Se rectifican unas superficies de lingote utilizando prácticas convencionales. Unos lingotes o desbastes planos obtenidos en colada continua de las dos aleaciones, se calientan a una primera temperatura de aproximadamente 704 °C, se igualan, se mantienen a la primera temperatura entre 6 y 8 horas, se calientan aproximadamente a 66 °C/hora hasta una segunda temperatura de aproximadamente 1121 °C, y se mantienen a la segunda temperatura durante aproximadamente 11,8 minutos, o más, por cada cm de espesor. A modo de ejemplo, el lingote de aleación de blindaje de acero ATI 600-MIL® se lamina en caliente hasta obtener un desbaste plano sobredimensionado de 7,11 cm de espesor. El lingote de aleación de blindaje de acero ATI 500-MIL® se lamina en caliente hasta obtener un desbaste plano sobredimensionado de 8,38 cm de espesor. Se eliminan las tensiones en los desbastes planos a 676,7 °C durante un mínimo de 12 horas. Se cortan con sierra los patrones de cada desbaste plano a la misma anchura y longitud, para la coincidencia en el montaje. Se aplanan y se lamina cada desbaste plano a medida. A modo de ejemplo, el desbaste plano de blindaje de acero ATI 600-MIL® se lamina a un grosor de 6,35 cm, y el desbaste plano de blindaje de acero ATI 500-MIL® se lamina a un grosor de 7,62 cm. Se limpian a fondo las superficies laminadas de los lingotes para eliminar cualquier materia extraña, tal como aceite y lubricantes.

Para facilitar la soldadura, se mecaniza un bisel en un borde periférico de cada desbaste plano. Se granallan los desbastes planos usando métodos convencionales. Para el almacenamiento, se cubren los desbastes planos con papel y se guardan en interior para inhibir la oxidación. Los desbastes planos que no se hayan soldado a los siete días, se granallan de nuevo para eliminar cualquier oxidación. Se dispone un desbaste plano de blindaje de acero ATI 600-MIL® sobre un desbaste plano de blindaje de acero ATI 500-MIL®, y se sueldan los desbastes planos entre sí por los bordes biselados alineados, utilizando una varilla o alambre de soldadura (con designación 7018 para soldadura) de bajo hidrógeno, para proporcionar un conjunto metalúrgicamente fijado de los dos desbastes planos.

5 Se marca el conjunto soldado (metalúrgicamente fijado) para identificar el lado duro, es decir el lado de blindaje de acero ATI 600-MIL®, y se calienta el conjunto a 1204 °C o menos y se mantiene a esa temperatura entre 11,8 y 17,7 minutos, o más, por cada cm del conjunto. El conjunto se lamina entonces para obtener un nuevo desbaste plano con el lado blindaje de acero ATI 600-MIL® como el lado superior, con un espesor que varía desde 8,9 cm a 12,7 cm.

10 El conjunto de nuevo desbaste plano laminado se granalla de manera convencional con el lado duro hacia arriba, y se calienta a 954,4 °C, se mantiene entre 11,8 y 17,7 minutos por cm de conjunto, y se lamina al espesor final. El conjunto laminado se normaliza a 871,1 °C ± 93 °C), se enfría al aire, y se aplanan, si es necesario. El aplanamiento puede incluir métodos de aplanamiento convencionales, o puede incluir la aplicación en el conjunto laminado de tensiones de tracción o de compresión, suficientes como para mantener la estabilidad durante el tratamiento de normalización, como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 12/565.809. El aplanamiento puede ser necesario o innecesario, en ciertas realizaciones no limitantes, de métodos de fabricación de aceros de doble dureza de acuerdo con la presente divulgación. Sin embargo, incluso si ciertas realizaciones de métodos del presente documento requieren aplanamiento, será necesario en menor grado que en los métodos convencionales, debido a la menor distorsión por tratamiento térmico de las realizaciones de los métodos del presente documento.

20 El conjunto laminado se temple a temperaturas entre 79,4 °C y 121 °C durante un periodo de 30 minutos a 120 minutos. El blindaje de acero de doble dureza endurecible al aire así producido se granalla, y se corta por chorro de agua o por corte abrasivo al tamaño deseado.

25 La presente divulgación se ha escrito con referencia a diversas realizaciones ejemplares, ilustrativas y no limitantes. Sin embargo, los expertos en la materia reconocerán que pueden efectuarse diversas sustituciones, modificaciones o combinaciones de cualquiera de las realizaciones dadas a conocer (o porciones de las mismas), sin apartarse del alcance de la invención tal como se define únicamente por las reivindicaciones. De este modo, se contempla y se entiende que la presente divulgación abarca realizaciones adicionales no expuestas expresamente en el presente documento. Tales realizaciones pueden obtenerse, por ejemplo, combinando y/o modificando cualquiera de las etapas, ingredientes, partes, componentes, elementos, características, aspectos dados a conocer, y similares, de las realizaciones descritas en el presente documento. Por lo tanto, esta divulgación no está limitada por la descripción de las diversas realizaciones ejemplares, ilustrativas, y no limitantes, sino más bien únicamente por las reivindicaciones. De esta manera, se entenderá que pueden modificarse las reivindicaciones durante la tramitación de la presente solicitud de patente, para añadir características a la invención reivindicada según se describe en el presente documento de diversas maneras.

REIVINDICACIONES

1. Un artículo de acero de doble dureza (10), que comprende:
 - 5 una primera aleación de acero endurecible al aire (12) que tiene una primera dureza de aleación; una segunda aleación de acero endurecible al aire (14) que tiene una segunda dureza de aleación, en donde la primera dureza de aleación es mayor que la segunda dureza de aleación, y existe una unión metalúrgica (16) entre la primera aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda aleación de acero endurecible al aire (14),
 - 10 **caracterizado por que** la primera aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) comprenden una aleación de acero de níquel-molibdeno-cromo.
2. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que:
 - 15 la primera aleación de acero endurecible al aire (12) tiene una dureza de al menos 574 BHN; y la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) tiene una dureza en el intervalo de 477 BHN a 534 BHN, ambas inclusive.
3. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que:
 - 20 al menos una de la primera aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) se selecciona individualmente del grupo que consiste en una aleación de acero 400 BHN, una aleación de acero 500 BHN, una aleación de acero 600 BHN y una aleación de acero 700 BHN.
4. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) comprende una aleación de acero auto-revenido.
5. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la primera aleación de acero endurecible al aire (12) comprende, en porcentaje en peso:
 - 30 entre 0,42 y 0,52 de carbono;
 - entre 3,75 y 4,25 de níquel;
 - entre 1,00 y 1,50 de cromo;
 - entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;
 - 35 entre 0,20 y 1,00 de manganeso;
 - entre 0,20 y 0,50 de silicio;
 - hasta 0,020 de fósforo;
 - hasta 0,005 de azufre;
 - siendo el resto hierro e impurezas inevitables.
6. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) comprende, en porcentaje en peso:
 - 45 entre 0,22 y 0,32 de carbono;
 - entre 3,50 y 4,00 de níquel;
 - entre 1,60 y 2,00 de cromo;
 - entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;
 - entre 0,80 y 1,20 de manganeso;
 - entre 0,25 y 0,45 de silicio;
 - 50 hasta 0,020 de fósforo;
 - hasta 0,005 de azufre;
 - siendo el resto hierro e impurezas inevitables.
7. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en donde el artículo se selecciona de entre un blindaje de acero de doble dureza, un casco protector contra explosiones de doble dureza, un casco protector contra explosiones de doble dureza en forma de V, una parte inferior de vehículo protectora contra explosiones de doble dureza y un recinto protector contra explosiones de doble dureza.
8. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la primera aleación de acero endurecible al aire (12) tiene una primera dureza de aleación de 55 a 65 Rc.
9. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) tiene una segunda dureza de aleación de 45 a 55 Rc.
10. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 8, en el que la primera aleación de acero endurecible al aire (12) tiene una primera dureza de aleación que es entre 10 y 15 puntos Rc mayor que la segunda

dureza de aleación.

- 5 11. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la primera aleación de acero endurecible al aire (12) se ajusta a la norma MIL-DTL-32332 (MR).
12. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, en el que la segunda aleación de blindaje de acero endurecible al aire (14) se ajusta a la norma MIL-DTL-46100E (MR).
- 10 13. El artículo de acero de doble dureza (10) de la reivindicación 1, que comprende:
- una primera aleación de acero endurecible al aire (12) que tiene una primera dureza de aleación de al menos 574 BHN y que comprende, en porcentaje en peso,
- 15 entre 0,42 y 0,52 de carbono;
entre 3,75 y 4,25 de níquel;
entre 1,00 y 1,50 de cromo;
entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;
entre 0,20 y 1,00 de manganeso;
entre 0,20 y 0,50 de silicio;
20 hasta 0,020 de fósforo;
hasta 0,005 de azufre;
siendo el resto hierro e impurezas inevitables;
- una segunda aleación de acero endurecible al aire (14) que tiene una segunda dureza de aleación en un intervalo desde 477 BHN a 534 BHN y que comprende, en porcentaje en peso,
- 25 entre 0,22 y 0,32 de carbono;
entre 3,50 y 4,00 de níquel;
entre 1,60 y 2,00 de cromo;
30 entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;
entre 0,80 y 1,20 de manganeso;
entre 0,25 y 0,45 de silicio;
hasta 0,020 de fósforo;
hasta 0,005 de azufre;
35 siendo el resto hierro e impurezas inevitables, y
- una zona de unión metalúrgica (16) entre la primera aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda aleación de acero endurecible al aire (14).
- 40 14. Un método de fabricación de un artículo de acero de doble dureza (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, que comprende:
- proporcionar una primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12), que comprende una primera superficie de acoplamiento y que tiene primera dureza de pieza;
- 45 proporcionar una segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14), que comprende una segunda superficie de acoplamiento y que tiene una segunda dureza de pieza, en donde la primera dureza de pieza es mayor que la segunda dureza de pieza;
- disponer la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire, de modo que al menos una porción de la primera superficie de acoplamiento haga contacto con al menos una porción de la segunda superficie de acoplamiento;
- 50 fijar metalúrgicamente la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire para formar un conjunto metalúrgicamente fijado;
- laminar en caliente el conjunto metalúrgico fijado, para formar una unión metalúrgica (16) entre la primera superficie de acoplamiento y la segunda superficie de acoplamiento; y enfriar el conjunto laminado en caliente.
- 55 15. El método de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente rectificar antes de la etapa de disposición al menos una porción de al menos una de la primera superficie de acoplamiento y la segunda superficie de acoplamiento.
- 60 16. El método de la reivindicación 14, en el que la fijación metalúrgica de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14), para formar un conjunto metalúrgicamente fijado, comprende soldar entre sí al menos una porción de una periferia de la primera superficie de acoplamiento y una periferia de la segunda superficie de acoplamiento.
- 65 17. El método de la reivindicación 14, en el que la fijación metalúrgica de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14), para formar un conjunto

metalúrgicamente fijado, comprende unir por explosión al menos una porción de la primera superficie de acoplamiento y una porción de la segunda superficie de acoplamiento.

5 18. El método de la reivindicación 14, en el que la laminación en caliente del conjunto metalúrgicamente fijado comprende laminar en caliente el conjunto metalúrgicamente fijado a un espesor adecuado para un blindaje de acero de doble dureza.

10 18. El método de la reivindicación 14, en el que la laminación en caliente del conjunto metalúrgico fijado comprende laminar en caliente el conjunto metalúrgico fijado, a un tamaño intermedio, granallar al menos una superficie exterior del conjunto metalúrgico fijado y laminar en caliente el conjunto de granallado a un espesor adecuado para un blindaje de acero de doble dureza.

15 20. El método de la reivindicación 14, en el que la laminación en caliente del conjunto metalúrgicamente fijado comprende laminar en caliente a una temperatura de laminación en caliente en el intervalo de 1149 °C (2100 °F) a 371,1 °C (700 °F).

20 21. El método de la reivindicación 14, en el que la laminación en caliente comprende laminar en caliente a una temperatura de laminación en caliente, en un intervalo de temperatura que sea superior a 0,5 veces la temperatura de fusión de la aleación que tenga la temperatura de fusión más alta de la primera o de la segunda piezas de aleación de acero, y hasta una temperatura en la que no se produzca la fusión incipiente de la primera o de la segunda piezas de aleación de acero.

22. El método de la reivindicación 14, en el que el artículo (10) de aleación de acero de doble dureza comprende:

25 una primera zona de aleación de acero endurecible al aire (12), que tiene una primera dureza de aleación de al menos 574 BHN;

una segunda zona de aleación de acero endurecible al aire (14), que tiene una dureza en el intervalo desde 477 BHN a 534 BHN, ambas inclusive;

y

30 una unión metalúrgica (16) entre la primera zona de aleación de acero endurecible al aire y la segunda zona de aleación de acero endurecible al aire.

23. El método de la reivindicación 14, en el que:

35 al menos una de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14) comprende una aleación seleccionada individualmente del grupo que consiste en, una aleación de acero 400 BHN, una aleación de acero BHN 500, una aleación de acero 600 BHN y una aleación de acero 700 BHN.

40 24. El método de la reivindicación 14, en el que al menos una de la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12) y la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14) comprenden una aleación de acero de níquel-molibdeno-cromo.

45 25. El método de la reivindicación 14, en el que la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14) comprende una aleación de acero auto-revenido.

26. El método de la reivindicación 14, en el que la primera pieza de aleación de acero endurecible al aire (12) comprende, en porcentaje en peso:

50 entre 0,42 y 0,52 de carbono;

entre 3,75 y 4,25 de níquel;

entre 1,00 y 1,50 de cromo;

entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;

55 entre 0,20 y 1,00 de manganeso;

entre 0,20 y 0,50 de silicio;

hasta 0,020 de fósforo;

hasta 0,005 de azufre;

siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

60 27. El método de la reivindicación 14, en el que la segunda pieza de aleación de acero endurecible al aire (14) comprende, en porcentaje en peso:

entre 0,22 y 0,32 de carbono;

entre 3,50 y 4,00 de níquel;

65 entre 1,60 y 2,00 de cromo;

entre 0,22 y 0,37 de molibdeno;

entre 0,80 y 1,20 de manganeso;
entre 0,25 y 0,45 de silicio;
hasta 0,020 de fósforo;
hasta 0,005 de azufre;
5 siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

28. El método de la reivindicación 14, en el que:

10 la primera aleación de acero endurecible al aire (12) tiene una primera dureza de aleación de 55 a 65 Rc;
la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) tiene una segunda dureza de aleación de 45 a 55 Rc; y
la primera aleación de acero endurecible al aire (12) tiene una primera dureza de aleación que es entre 10 y 15
puntos Rc mayor que la segunda dureza de aleación.

15 29. El método de la reivindicación 14, en el que la primera aleación de acero endurecible al aire (12) se ajusta a la
norma MIL-DTL-32332 (MR).

30. El método de la reivindicación 14, en el que la segunda aleación de acero endurecible al aire (14) se ajusta a la
norma MIL-DTL-46100E (MR).

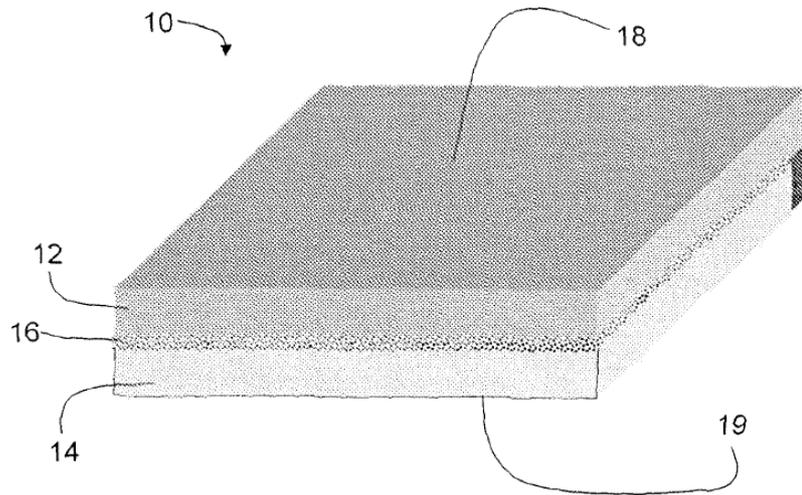


FIG. 1A

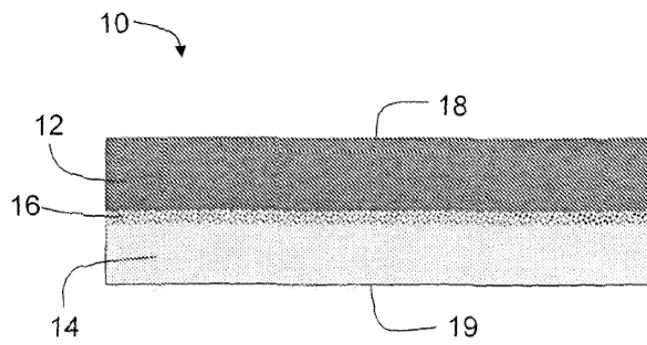


FIG. 1B

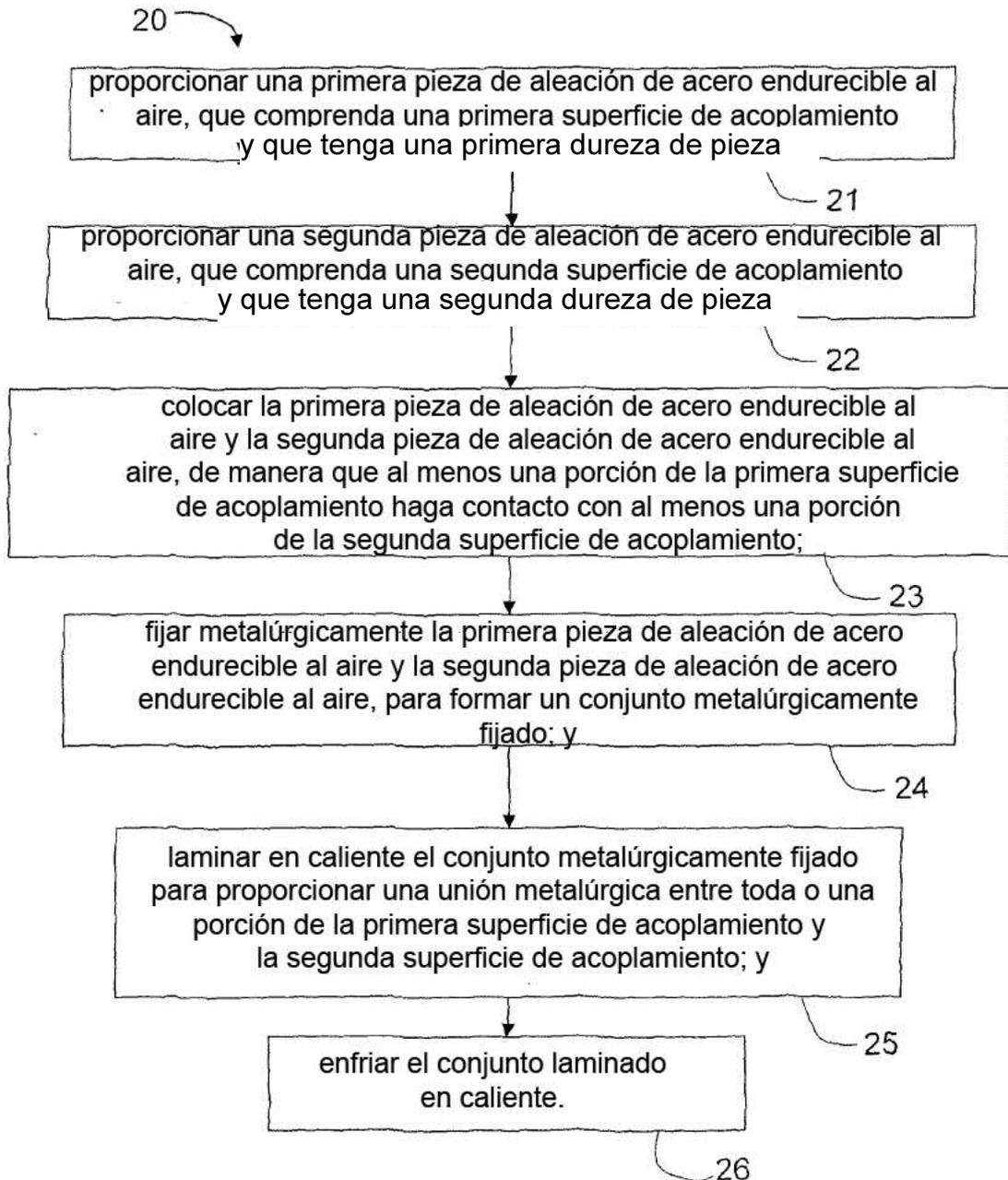


FIG. 2