

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 826 411**

(51) Int. Cl.:

C23G 1/08 (2006.01)
C23G 1/32 (2006.01)
C23G 3/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2016 PCT/US2016/043447**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2017 WO17015522**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2016 E 16828582 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3325690**

(54) Título: **Procedimiento de acondicionamiento de incrustaciones para aleaciones de acero al carbono avanzado de alta resistencia**

(30) Prioridad:

22.07.2015 US 201562195366 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.05.2021

(73) Titular/es:

KOLENE CORPORATION (100.0%)
12890 Westwood Avenue
Detroit, Michigan 48223, US

(72) Inventor/es:

MALLOY, JAMES, C. y
PIGNOTTI, LOUIS

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 826 411 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

Procedimiento de acondicionamiento de incrustaciones para aleaciones de acero al carbono avanzado de alta resistencia

Campo técnico

- 5 Las realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a la modificación química de incrustaciones superficiales de óxidos de hierro y de aleaciones formadas en la producción de aleaciones de acero al carbono de alta resistencia, así como al acondicionamiento general de incrustaciones formadas en superficies metálicas con altos porcentajes de aleación, en donde la incrustación se compone de mezclas de óxido de hierro y de aleación.

Antecedentes de la invención

- 10 En un laminador de tiras en caliente típico, las losas de acero al carbono se recalientan inicialmente a aproximadamente 2500 grados Fahrenheit ($^{\circ}$ F) (1371 grados Celsius ($^{\circ}$ C)) en un horno de recalentamiento para hacerlas más maleables. La losa, ahora caliente, se transporta a una estación de desincrustación por chorro de agua a alta presión para eliminar las incrustaciones pesadas formadas durante el recalentamiento de la losa. La losa luego avanza a través de una serie de soportes de desbaste y acabado. Estos típicamente comprenden rollos de trabajo apilados verticalmente que se acoplan y aplican presión a los lados superior e inferior de la losa, a veces junto con pulverizaciones de agua, lo que resulta en reducciones progresivas en el espesor y la temperatura de la losa y en un alargamiento creciente de la losa en una tira de acero.

Generalmente, los soportes de desbaste y acabado están sincronizados para compensar las velocidades cada vez mayores de la tira a medida que el material de la losa se alarga y se reduce progresivamente en calibre (y temperatura) y para formar las dimensiones finales de ancho y espesor de la tira, por ejemplo para producir un espesor, un calibre y/u otra dimensión especificados. La última tira es enrollada por un enrollador, generalmente a una velocidad alta (por ejemplo, alrededor de 30 millas por hora (48 kilómetros por hora), aunque se pueden practicar otras velocidades) después del transporte a lo largo del último área de soporte rodante de una tabla de acabado. La temperatura final de enrollado de la tira generalmente se reduce en un área de enfriamiento de la tabla de acabado antes de enrollar, convencionalmente mediante el uso de pulverizaciones de agua, pero permanece a una temperatura elevada, comúnmente entre 1100 $^{\circ}$ F (593 $^{\circ}$ C) y 1450 $^{\circ}$ F (788 $^{\circ}$ C).

Durante este último procedimiento de laminación en caliente, el oxígeno de la atmósfera reacciona con el hierro y los elementos de aleación presentes en la superficie del acero para formar una incrustación o costra en la superficie de la tira que se compone de una mezcla de óxidos de hierro y aleación. La presencia de esta compleja incrustación de óxidos en la superficie del acero es generalmente objetable en el procesamiento posterior del acero (por ejemplo, en laminado en frío, soldadura, recocido, recubrimientos metálicos, pintura y otros procedimientos de recubrimiento). Por lo tanto, los óxidos de incrustaciones generalmente deben eliminarse de la tira de metal mediante un procedimiento de laminado en caliente posterior, como el decapado.

35 Los productos de acero al carbono a menudo incorporan pequeñas cantidades de elementos de aleación para aumentar la resistencia y proporcionar mejores propiedades mecánicas o una mayor resistencia a la corrosión, en comparación con el acero al carbono simple. Ejemplos ilustrativos, pero no limitantes o exhaustivos, de elementos de aleación comúnmente usados en aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA, por sus siglas en inglés) incluyen manganeso, silicio, cobre, níquel, niobio, nitrógeno, vanadio, cromo, molibdeno, titanio, calcio, boro, elementos de tierras raras y circonio. Los elementos de aleación pueden dispersarse como carburos de aleación en una matriz de ferrita que aumenta la resistencia del material mediante el refinamiento del tamaño de grano, en relación con las típicas microestructuras de acero al carbono con agregado de ferrita y perlita de los aceros al carbono no aleados.

40 Los aceros aleados generalmente se producen convirtiendo el acero fundido generado por los hornos de fabricación de acero en productos laminados mediante procedimientos de fundición, laminado en caliente y acabado. Durante el laminado en caliente o los procedimientos de tratamiento térmico posteriores, el oxígeno de la atmósfera reacciona con los componentes de hierro y aleación en la superficie del acero de alta resistencia para formar mezclas de incrustaciones superficiales que incluyen óxidos de hierro y otros. La presencia de esta incrustación de mezcla de óxidos en la superficie del acero es generalmente objetable en el procesamiento posterior del acero. Un aparato y un método para el decapado continuo de tiras de acero se describen, por ejemplo, en el documento US 2010/0269854 A1.

Breve compendio

- 50 En un aspecto de la presente invención, un método para tratar y eliminar una capa de incrustación que comprende óxido de hierro y óxidos de elementos de aleación que se forma en una superficie metálica avanzada de alta resistencia incluye acondicionar, a través de un primer procedimiento de acondicionamiento, una capa de incrustación formada en la superficie de un producto de acero avanzado de alta resistencia a través de la reacción con oxígeno durante un procedimiento de laminación en caliente, en donde el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende al menos dos (2) por ciento en peso de elementos de aleación, y la capa de incrustación comprende óxido de hierro y óxido de elementos de aleación que se forma por oxidación de los elementos de aleación.

El primer procedimiento de acondicionamiento compromete la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación o elimina los componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación, para, de ese modo, exponer el óxido de los elementos de aleación a interacción química a través de la disposición. Se dispone una solución acuosa de sal alcalina sobre la capa de incrustación acondicionada mediante el primer procedimiento de acondicionamiento y, de ese modo, interacciona con el óxido de elementos de aleación que se expone a interacción química. La solución acuosa de sal alcalina dispuesta se calienta a al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit), transformando el calentamiento una o más sales alcalinas en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida. El óxido de elementos de aleación se oxida mediante reacción con la forma cuasifundida de la(s) sal(es) alcalina(s) y con agua en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta, formando uno o más compuestos de elementos de aleación alcalinos solubles en agua. La superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia se enjuaga con agua, disolviendo el agua el/los compuesto(s) de elementos de aleación alcalinos solubles en agua y enjuagando el/los compuesto(s) disuelto(s) de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, dejando, de ese modo, una película de óxido de hierro en la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, que se elimina mediante un procedimiento de decapado final.

En otro aspecto, un sistema tiene un primer aparato de procedimiento de acondicionamiento que acondiciona una capa de incrustaciones formada en la superficie de un producto de acero avanzado de alta resistencia mediante la reacción con oxígeno durante un procedimiento de laminación en caliente, en donde el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende al menos dos (2) por ciento en peso de elementos de aleación, y la capa de incrustación comprende óxido de hierro y óxido de elementos de aleación que se forma por oxidación de los elementos de aleación.

El primer procedimiento de acondicionamiento compromete la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación o elimina los componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación, para, de ese modo, exponer el óxido de elementos de aleación a interacción química mediante la disposición. Una estación de disposición de solución salina dispone una solución acuosa de sal alcalina sobre la capa de incrustación acondicionada mediante el primer procedimiento de acondicionamiento y, de ese modo, interacciona con el óxido de los elementos de aleación que se expone a interacción química. Un aparato de calentamiento calienta la solución acuosa de sal alcalina dispuesta a al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit), transformando el calentamiento una o más sales alcalinas en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida, y en donde el óxido de elementos de aleación se oxida mediante reacción con la forma cuasifundida de la(s) sal(es) alcalina(s) y con agua en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta, formando uno o más compuestos de elementos de aleación alcalinos solubles en agua. En una estación de enjuagado con agua se enjuaga la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia con agua, disolviendo el agua el/los compuesto(s) de elementos de aleación alcalinos solubles en agua y enjuagando el/los compuesto(s) disuelto(s) de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, dejando, de ese modo, una película de óxido de hierro en la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, que se elimina mediante un procedimiento de decapado final realizado en un aparato del procedimiento de decapado final.

35 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en diagrama de bloques de una realización de un método según la presente invención para tratar y eliminar una capa de incrustación que comprende óxido de hierro y óxidos de elementos de aleación que se forma en una superficie metálica avanzada de alta resistencia.

La figura 2 es una vista de representación en diagrama de un procedimiento o sistema según la presente invención para tratar y eliminar una capa de incrustación que comprende óxido de hierro y óxidos de elementos de aleación que se forma en una superficie metálica avanzada de alta resistencia.

La figura 3 es una ilustración gráfica de un perfil de análisis de espectroscopía electrónica Auger (AES, por sus siglas en inglés) de una capa de incrustación compleja después de realizar un primer procedimiento de acondicionamiento con ácido de decapado según la presente invención.

La figura 4 es una ilustración gráfica de un perfil de análisis de espectroscopía electrónica Auger (AES) de una capa de incrustación que queda después de realizar un procedimiento de acondicionamiento con la solución acuosa de sal alcalina según la presente invención en la capa de incrustación del perfil de la figura 3.

Descripción detallada de la invención

Las incrustaciones de óxido formadas durante el laminado en caliente de las tiras de metal se pueden eliminar de las superficies metálicas mediante diversos procedimientos. Los procedimientos mecánicos de rotura de incrustaciones incluyen doblar, estirar o flexionar la tira para romper físicamente la integridad de la estructura de la incrustación, incluida la formación de microcanales para que los líquidos reactivos penetren en la incrustación. También se usan diversas técnicas de granallado mecánico para retirar las capas de óxido. Los procedimientos químicos producen reacción con los componentes de la incrustación cambiando la estructura química de dichos componentes, nuevamente para romper su unión a la superficie metálica subyacente, e incluyen el decapado con ácido, la limpieza con ácido y la eliminación de compuestos de sales alcalinas fundidas.

El uso de baños de decapado con ácidos minerales de diferentes composiciones y en diferentes condiciones ha demostrado ser tanto efectivo como económico para la eliminación de las incrustaciones de óxido de hierro de las tiras

de acero al carbono convencionales que también incorporan cantidades modestas de porcentajes fraccionarios de otros óxidos de la presencia de aditivos de aleación (por ejemplo, los aditivos de aleación pueden sumar menos del uno (1) por ciento de los componentes de la tira de metal). Las incrustaciones de óxido formadas en un laminador en caliente durante el laminado en caliente de tales calidades convencionales no se ven influenciadas significativamente por la presencia de los componentes de la aleación con respecto a la reactividad con las prácticas de decapado convencionales, y generalmente son susceptibles de ser eliminados de manera eficaz mediante técnicas mecánicas y/o químicas (decapado) convencionales.

Los aceros avanzados de alta resistencia son principalmente hierro y tienen porcentajes relativos de elementos de aleación que son sustancialmente mayores que los que se encuentran en los aceros al carbono aleados convencionales e históricos, por ejemplo, un contenido total de elementos de aleación de más del dos por ciento de los componentes de la tira de metal, con niveles significativamente mayores previstos en el desarrollo futuro de las aleaciones. Los porcentajes de aleación mayores permiten características estructurales más fuertes, pero plantean importantes desafíos de decapado.

Los óxidos complejos que se forman durante el laminado en caliente de aceros avanzados de alta resistencia que tienen cantidades significativas de elementos de aleación (por ejemplo, dos por ciento y más) y plantean desafíos únicos para su eliminación. Los espesores de óxido no solo son sustancialmente mayores que los formados en aceros al carbono convencionales con cantidades relativamente menores de elementos de aleación, sino que también están presentes múltiples composiciones de óxido metálico, cada una con distintas reactividades (o estabilidades) químicas. En lugar de depender de un procedimiento simple de decapado con ácido mineral, como un baño de soluciones de ácido clorhídrico para eliminar los óxidos de hierro, se proponen o se utilizan mezclas de ácidos más avanzadas y reactivas, pero son problemáticas en la práctica. Los baños de ácidos, como las soluciones de ácido sulfúrico y nítrico, que se aumentan mediante la activación electrolítica para proporcionar una mayor actividad química para eliminar mejor los óxidos de alta aleación tenaces y refractarios, se usan comúnmente en el decapado de aceros inoxidables. Las soluciones de ácidos mixtos, como los ácidos nítrico más fluorhídrico, también se usan cuando se requiere rebajar las incrustaciones tenaces para eliminar las incrustaciones, pero de nuevo se limitan generalmente a aceros inoxidables de alta aleación y superaleaciones.

Los resultados desfavorables, como la generación de óxido de nitrógeno gaseoso con el decapado con ácido nítrico, y las dificultades de control de la temperatura debido a la naturaleza exotérmica de la reacción entre el ácido y el hierro, limitan la aplicabilidad y la eficacia de dichos enfoques de la técnica anterior con respecto a la eliminación de los óxidos complejos formados durante el laminado en caliente de aceros avanzados de alta resistencia. En un aspecto, los efectos de soluciones de decapado más agresivas pueden afectar a la superficie de acero subyacente en un grado inaceptable.

La eficacia de un procedimiento determinado para eliminar las incrustaciones de óxido de una superficie metálica también depende de la presencia de óxidos particulares, o mezclas de óxidos, en la incrustación. Las capas de incrustaciones de óxido formadas en la superficie de los AHSS (aceros avanzados de alta resistencia, por sus siglas en inglés) mediante la reacción con el oxígeno atmosférico durante los procedimientos de laminación en caliente generan estructuras de incrustaciones de óxido superficiales que comprenden mezclas de óxidos de hierro y aleaciones. Debido a las diferencias de reactividad con los óxidos de hierro y aleación en dicha incrustación, así como a las diferencias de comportamiento y a las características de sus respectivos productos de reactividad, los procedimientos de línea de decapado convencionales generalmente no eliminan tales incrustaciones de mezcla de óxidos de manera eficaz o satisfactoria. Es posible que se requieran velocidades de línea muy reducidas y/o múltiples pasadas a través de una línea de decapado convencional para producir acabados superficiales que, a veces, solo son marginalmente aceptables. Por ejemplo, mientras que algunas líneas de decapado logran resultados satisfactorios en las condiciones de incrustación en aceros al carbono convencionales que pasan láminas de acero a través del procedimiento a una velocidad entre aproximadamente 200 y aproximadamente 300 metros por minuto, para tratar satisfactoriamente aceros avanzados de alta resistencia mediante el mismo procedimiento, la velocidad debe reducirse para funcionar a una fracción de la velocidad de línea convencional, que puede ser inaceptablemente lenta para generar un rendimiento aceptable en un procedimiento de producción determinado. Además, aunque la superficie de acero que sale de una línea de decapado convencional a velocidades más lentas puede parecer visualmente limpia y aceptable, los componentes de óxido residual pueden permanecer hasta tal punto que la superficie de la tira no aceptará la aplicación de algunos recubrimientos metálicos como zinc y aluminio.

Además, las estructuras de la capa de incrustaciones formadas por mezclas de óxidos de hierro y aleación, y sus distribuciones relativas en la capa de incrustación, pueden variar mucho en función de la temperatura de enrollado u otros parámetros. En una formulación de AHSS ejemplar, el enrollado en caliente a una temperatura mayor primero provoca la formación de una incrustación metálica dura, brillante y resplandeciente que tiene una distribución generalmente continua de óxidos de hierro y aleación por toda la capa. El enrollado en caliente de la misma formulación de AHSS a una segunda temperatura diferente y menor produce una capa de incrustación que, en cambio, tiene una capa superficial de óxido de hierro exterior porosa y oxidada que está dispuesta sobre una capa subyacente formada predominantemente con óxidos de aleación, en donde la capa superior metálica creada por la mayor temperatura está ausente.

- Las dimensiones de profundidad de la estructura diferente de las incrustaciones también pueden variar, siendo una sustancialmente menor que la otra. Por lo tanto, debido a las diferencias en la estructura y composición de las incrustaciones, un procedimiento de acondicionamiento determinado que se considere eficaz y económico para la aplicación a la incrustación formada mediante laminación en caliente a una temperatura mayor puede no proporcionar resultados satisfactorios para una incrustación diferente formada en el mismo AHSS mediante laminación en caliente a una temperatura menor, y otro procedimiento de acondicionamiento diferente que se considera eficaz y económico para la aplicación a la incrustación mediante laminación en caliente a la temperatura menor puede no proporcionar resultados satisfactorios para la incrustación formada en el mismo AHSS mediante laminación en caliente a la temperatura mayor.
- 5 Los procedimientos de acondicionamiento varían mucho en su eficacia con respecto a los diferentes óxidos de hierro y aleación, y a las diferentes estructuras de las incrustaciones formadas de ese modo. Esto presenta problemas en la selección y ejecución de un procedimiento de eliminación de óxido apropiado con el fin de eliminar de manera eficiente y eficaz las incrustaciones de óxido mixto complejas en un grado satisfactorio. La selección de un procedimiento convencional sobre otro puede resultar en aumentos significativos en los requisitos de energía o químicos, gastos operativos o impactos adversos en el rendimiento de la producción. Incluso entonces, debido a las diferencias de eficacia en relación con los óxidos de hierro y aleación o las estructuras de las incrustaciones definidas por los mismos, el procedimiento convencional seleccionado puede presentar todavía una calidad superficial deficiente, limitaciones de productividad perjudiciales o exposiciones indeseables a materiales peligrosos.
- 10 La figura 1 ilustra un método según la presente invención para tratar y eliminar una capa de incrustación que comprende óxido de hierro y uno o más óxidos de aleación subyacentes y formada sobre la superficie de un producto metálico de acero avanzado de alta resistencia durante el laminado en caliente. Más particularmente, el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende al menos un total de dos (2) por ciento en peso de aleación, en donde la aleación puede incluir múltiples (dos o más) y diferentes elementos de aleación. La capa de incrustación es una capa de óxidos formada mediante una reacción superficial del hierro y la(s) aleación/aleaciones en la tira de acero con oxígeno atmosférico durante el laminado en caliente del producto de acero. Dicha reacción es una oxidación que genera la capa de incrustación como una mezcla de óxidos del hierro y del/de los elemento(s) de aleación.
- 15 En 102, en un primer procedimiento de acondicionamiento se acondiciona la capa de incrustación, comprometiendo la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación y, de ese modo, exponiendo el/los óxido(s) de aleación residual(es) a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación, ya sea a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro y/o mediante la eliminación de componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación.
- 20 En 104, se dispone una solución acuosa de sal alcalina sobre la capa de incrustación que se acondiciona mediante el primer procedimiento de acondicionamiento y, de ese modo, interacciona con el/los óxido(s) de aleación residual(es) expuestos a interacción química (a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, o expuestos por la eliminación de los componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación).
- 25 En 106, la solución acuosa de sal alcalina dispuesta se calienta a al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit), fundiendo el calentamiento al menos una sal alcalina en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida. Se entenderá que con el término «cuasifundido» se describe un estado de transición de una forma de las sales alcalinas dispuestas desde un estado de solución acuosa inicial a un estado de solución acuosa muy concentrada, luego a una condición semifundida superhidratada y finalmente a un estado fundido anhídrico.
- 30 En 108, el agua y la forma cuasifundida de la(s) sal(es) alcalina(s) en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta reaccionan con cada uno de los óxidos de aleación (oxidan a cada uno de los óxidos de aleación) para formar los respectivos compuestos de aleación alcalina solubles en agua.
- 35 En 110, la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia se enjuaga con agua, disolviendo el agua el/los compuesto(s) de aleación alcalina soluble(s) en agua y enjuagando el/los compuesto(s) disuelto(s) de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia. El enjuague deja una película de óxido de hierro en la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia.
- 40 En 112, la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia se decapa mediante un procedimiento de acondicionamiento (decapado) final para eliminar la capa de película de óxido de hierro de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia.
- 45 En 112, la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia se decapa mediante un procedimiento de acondicionamiento (decapado) final para eliminar la capa de película de óxido de hierro de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia.
- 50 El acondicionamiento de incrustaciones desincrustante de sales fusionadas o fundidas proporciona una modalidad para incrustaciones tenaces o refractarias como óxido de cromo, óxido de manganeso, dióxido de silicio y óxidos similares. Los aspectos se basan en formaciones de sales alcalinas altamente reactivas, es decir, una reacción de tratamiento con sales fundidas que se produce junto con el agua presente en la solución que se dispone sobre la superficie del metal en 104 (figura 1) y se calienta en 106. Este procedimiento elimina rápidamente la incrustación de la superficie y deja una superficie uniformemente reactiva que responde bien al decapado con ácido suave en un paso de decapado final (por ejemplo, en 112).

El acondicionamiento del tratamiento con sales fundidas (por ejemplo, en 106 y 108) comprende reacciones que se llevan a cabo esencialmente en dos pasos: el primer paso implica la oxidación del óxido de aleación y el segundo paso es la disolución del óxido de alta valencia como un compuesto de álcali: metal.

- 5 Cuando la incrustación de óxido de hierro entra en contacto con la sal fundida alcalina, solo tiene lugar una reacción de un solo paso: oxidación de incrustaciones superficiales. El óxido de hierro es prácticamente insoluble en sal fusionada o fundida. De hecho, los hornos de baño de sales fundidas se construyen comúnmente con placas de acero gruesas y, cuando se mantienen adecuadamente, tienen una vida útil de veinte a treinta años o más, incluso cuando se exponen continuamente a álcalis cáusticos a temperaturas de 900°F (482°C).
- 10 La eliminación de los óxidos complejos que se forman durante el laminado en caliente de aceros avanzados de alta resistencia plantea desafíos únicos. Los espesores de óxidos no solo son sustancialmente mayores que los de los aceros al carbono convencionales, sino que también están presentes múltiples composiciones de óxidos metálicos, cada una con distintas reactividades o estabilidades químicas. Los intentos para desincrustar estas aleaciones usando decapado con ácido clorhídrico caliente convencional no han tenido éxito debido a uno o más de los siguientes: limpieza deficiente, pérdida excesiva de metal y/o baja productividad de la línea de decapado. Aunque algo exitoso en algunas composiciones de aleación, las reacciones de acondicionamiento de incrustaciones químicas convencionales generalmente se ven obstaculizadas por un óxido de hierro o una «piel» metálica o una capa de óxido más externa, significativos, que están presentes en algunos aceros avanzados de alta resistencia laminados en caliente. Para que el acondicionamiento con sales fundidas sea eficaz, debe establecerse el acceso a los óxidos del elemento de aleación subyacente.
- 15 20 En algunos aspectos, el primer procedimiento de acondicionamiento en 102 es un procedimiento mecánico de ruptura de incrustaciones que agrieta o compromete, de otro modo, la integridad estructural de la capa de incrustaciones, y en particular de los componentes de óxido de hierro, exponiendo de ese modo el/los óxido(s) de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, lo que facilita el contacto de la sal con los óxidos de aleación subyacentes. Se puede usar chorro abrasivo con una amplia gama de medios y técnicas de propulsión, y ejemplos ilustrativos, pero no limitantes o exhaustivos, de medios de granallado incluyen perdigones metálicos y cerámica. También se puede cepillar, doblar, estirar o flexionar la tira para romper físicamente la integridad de la estructura de la incrustación para generar microgrietas en la incrustación de óxido que proporcionen vías de fluido a la interfaz incrustación-metal. Esto ayuda a permitir acciones de rebajado mediante reacciones con disposiciones químicas posteriores, donde la disolución del metal base se usa para desalojar la capa de óxido en lugar de disolver la capa de óxido propiamente dicha.
- 25 30 En otros aspectos, el primer procedimiento de acondicionamiento en 102 es un primer pretratamiento de decapado ácido que se realiza antes del acondicionamiento de incrustaciones de sales fundidas, exponiendo el/los óxido(s) de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustaciones mediante la eliminación de componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación. El decapado es generalmente más selectivo para eliminar los componentes de incrustaciones de óxido de hierro convencionales que las opciones mecánicas, pero solo es marginalmente reactivo con los óxidos de elementos de aleación más refractarios. Una vez que la capa de óxido de hierro se ha disuelto mediante el procedimiento de decapado, la exposición posterior al acondicionamiento de sales fundidas puede continuar con la formación de compuestos alcalinos complejos.
- 35 40 Los aspectos de los ácidos de decapado usados en el primer procedimiento de acondicionamiento en 102 comprenden uno o más de los ácidos clorhídrico y sulfúrico. Estos ácidos reaccionan con el óxido de hierro en la capa de incrustaciones para formar los primeros productos de reacción: carbono elemental, agua, sulfato de hierro de la reacción con el ácido sulfúrico y cloruro de hierro de la reacción con el ácido clorhídrico.
- 45 Los aspectos también incorporan un paso de enjuague con agua antes de la disposición de la solución acuosa de sal alcalina en 104, que enjuaga los productos de reacción del agua, el sulfato de hierro y cloruro de hierro de la capa de incrustaciones, dejando una estructura de capa superficial de incrustaciones externa similar a una esponja y porosa que comprende sustancialmente una capa del carbono elemental restante.
- 50 La figura 3 es una ilustración gráfica de los resultados de un perfil de análisis de espectroscopía electrónica Auger (AES) de una capa de incrustación compleja en una muestra de AHSS después de realizar un primer procedimiento de acondicionamiento de decapado con ácido en 102. El perfil AES indica una concentración de carbono en la superficie de más del ochenta (80) por ciento en peso, más particularmente el 82,0%; el 0,3% de silicio, nada de calcio (0,0%); el 0,2% de cloro, el 12% de oxígeno y el 5,4% de hierro.
- 55 Esta capa superficial restante de principalmente carbono, junto con la capa de óxido rica en aleación subyacente, define una barrera inhibidora o física para el progreso continuo del decapado con ácido en el decapado solo con ácido. La barrera física de carbono junto con la resistencia química del óxido de aleación pueden explicar la mala cinética de decapado y la necesidad de reducir drásticamente las velocidades de la línea de ácido clorhídrico de banda caliente convencional para acondicionar con éxito la capa de incrustaciones en tiras de AHSS mediante procedimientos de la técnica anterior.

Sin embargo, esta capa superficial restante también es porosa, debido a la eliminación de los óxidos de hierro en el procedimiento de decapado, lo que permite que la solución acuosa de sal alcalina dispuesta sobre ella en 104 pase a través de la superficie exterior de la capa de incrustaciones y entre e interaccione con los óxidos de aleación subyacentes que permanecen dispuestos en la capa de incrustaciones después del decapado en 102.

- 5 En un aspecto donde el primer procedimiento de acondicionamiento en 102 es un primer pretratamiento de decapado ácido, la aplicación de la solución acuosa de sal alcalina en 104 se lleva a cabo mediante la aplicación de soluciones acuosas (de concentraciones variables) a superficies de acero predecapadas secas, después de un paso de enjuague con agua. La tira de metal revestida se calienta luego a una temperatura final de aproximadamente 500°F (260°C) a 10 600°F (315°C) y luego se enfriá rápido directamente con agua. Algunos aspectos alcanzan los 600°F (315°C) para asegurar que el exceso de agua en la solución acuosa de sal alcalina se retire y que la sal se funda hasta un punto suficiente para humedecer los óxidos de aleación y producir los niveles deseados de acondicionamiento.

En algunos aspectos, los aceites incidentales se eliminan de la superficie del acero mediante un procedimiento de secado, y en algunas realizaciones también un procedimiento de calentamiento posterior, después del primer procedimiento de acondicionamiento en 102 y antes de la aplicación de la solución acuosa de sal alcalina en 104. Esto 15 asegura una humectación buena y satisfactoria de la superficie por la solución acuosa de sal alcalina. Cuando en el paso de secado se usa aire forzado u otros aparatos que no eliminan los aceites incidentales de la superficie, un aparato de calentamiento posterior calienta la superficie metálica para volatilizar los aceites residuales. La eliminación de aceites incidentales también se puede lograr mediante el enjuague con agua donde el primer procedimiento de acondicionamiento en 102 es el decapado, en algunos ejemplos mediante la adición de un tensioactivo al agua, o 20 mediante algún otro paso adicional.

También puede incorporarse tensioactivo en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en 104, para mejorar la dispersión por la superficie y la humectabilidad de la superficie.

Las químicas de las sales fundidas utilizadas en aspectos de la presente invención en los pasos 104-106-108 se basan 25 en hidróxidos alcalinos, con aditivos que pueden variarse según sea necesario dependiendo de los elementos de aleación específicos presentes en la capa de incrustación para facilitar las cantidades deseadas de oxidación, disolución, etc. La figura 4 es una ilustración gráfica de los resultados de un perfil AES de una capa de incrustación que queda en una muestra de AHSS después de realizar el procedimiento de acondicionamiento con la solución acuosa de sal alcalina en 104-106-108, y más particularmente como se realiza en el perfil de la capa de incrustación 30 de la figura 3. La capa superficial del 80% de carbono se ha oxidado para generar dióxido de carbono, sin residuo (0,0%) presente en el perfil de la figura 4. El perfil también muestra el 1,45% de calcio, el 3,9% de potasio, el 61,1% de oxígeno y el 33,6% de hierro.

Se observa que con la espectroscopía electrónica Auger se pueden detectar muchos elementos (excepto hidrógeno y helio) dentro de un límite de detección nominal, por ejemplo de aproximadamente el 0,1%, pero en donde las 35 interferencias espectrales pueden prohibir la detección de algunos elementos en concentraciones relativamente bajas. El volumen de muestreo de las mediciones representadas en las figuras 3 y 4 tiene una profundidad de aproximadamente 10 nanómetros (nm) y un área de análisis de aproximadamente 50 micrómetros (μm) de diámetro. En el método de cuantificación se asume que el volumen de muestreo es homogéneo, en donde se proporcionan tablas de composiciones elementales relativas como un medio para comparar muestras similares e identificar contaminantes. La cuantificación precisa de los datos se logra mediante el uso de materiales de referencia de 40 composición similar a la de una muestra desconocida, en donde los perfiles de composición (también llamados perfiles de profundidad por erosión (SDP, por sus siglas en inglés)) se pueden obtener combinando el análisis Auger con el ataque químico simultáneo por erosión (por ejemplo, con un haz de iones Ar⁺ de 4,0 keV). Las escalas de profundidad se indican en una escala relativa en las figuras 3 y 4 ya que los elementos y los compuestos se erosionan a diferentes tasas. Los espesores indicados para perfiles multicapa se basan en una única tasa de erosión. Cabe señalar que el 45 ataque químico por erosión superficial puede provocar cambios de composición aparentes en sistemas de múltiples elementos. Todos los elementos tienen diferentes tasas de erosión superficial, por lo que la «erosión superficial diferencial» puede agotar la película de uno o más de los elementos constituyentes.

La sal fundida oxidante (activada por absorción de oxígeno atmosférico, o por la adición de oxígeno químicamente unido a través de nitratos alcalinos, o ambos) en la sal (1) fundida forma compuestos de metales de valencia superior 50 a partir de manganeso y otros metales de aleación y luego (2) reacciona con álcalis fundidos tales como hidróxido de sodio y potasio para formar sal y sales alcalinas solubles en agua tales como manganatos y silicatos de sodio/potasio. Si hay aluminio, también es probable la formación de aluminatos alcalinos.

Los métodos de calentamiento en 106 incluyen calor radiante convencional, que puede limitar los productos de combustión permitidos y convertir iones hidroxilo (OH⁻) en carbonato (CO₃²⁻) a partir del dióxido de carbono (CO₂) 55 formado durante la combustión. En algunos aspectos se usa calentamiento por inducción, que permite un calentamiento de primera etapa más rápido en comparación con las técnicas radiantes, seguido de una zona de mantenimiento de segunda etapa radiante convencional durante el resto del período de acondicionamiento deseado. Una cámara aislada simple después de la zona de calentamiento para mantener la temperatura de la tira también puede ser adecuada para completar la acción de acondicionamiento.

- Como el AHSS es a base de hierro, el uso de calor por inducción es eficiente y permite grandes ahorros de energía en comparación con los enfoques radiantes y otros enfoques usados para recalentar aceros sin carbono (hornos, etc.). Los aspectos en que se usa calentamiento por inducción requieren solo varios segundos para calentar la superficie metálica a la temperatura de acondicionamiento requerida, y en un ejemplo, cinco (5) segundos son suficientes. Con 5 los sistemas de inducción avanzados, solo es posible calentar las mismas superficies de la tira de acero donde tienen lugar las reacciones, ahorrando tiempo y energía en comparación con el calentamiento total de la tira. Esto se puede lograr rápida y fácilmente a velocidades de decapado convencionales de 200 a 300 metros por segundo o más y, por lo tanto, los aspectos de la presente invención permiten la incorporación de este paso dentro de los parámetros de 10 tiempo de las instalaciones de equipos existentes, proporcionando este paso de acondicionamiento sin afectar negativamente a los requisitos de rendimiento dentro de las instalaciones de producción y acabado de acero.
- Como se señaló anteriormente, calentar la solución dispuesta en 106 cambia la forma de las sales alcalinas dispuestas de un estado de solución acuosa inicial a un estado de solución acuosa muy concentrada, luego a una condición semifundida superhidratada y finalmente a un estado fundido anhidro. La transición de la solución química acuosa a la sal fusionada mediante calentamiento en presencia del agua de la solución también dispuesta en la capa de 15 incrustación mejora la reacción con los elementos de aleación y la disolución de los productos de oxidación, lo que permite la eliminación de los elementos de aleación acondicionados en la capa de incrustación mediante el paso de aclarado en 110 que, de otro modo, no se eliminan de la superficie del metal mediante procedimientos convencionales de baño de sales fundidas anhidras utilizados en la técnica anterior.
- Ejemplos ilustrativos, pero no limitantes o exhaustivos, de productos de reacción de óxido refractario generados a 20 partir de constituyentes de incrustaciones de óxidos mediante el procedimiento de acondicionamiento de incrustaciones de sales fundidas de los pasos 104-106-108 incluyen: silicato alcalino a partir de dióxido de silicio; manganato alcalino a partir de dióxido de manganeso; aluminato alcalino a partir de óxido de aluminio; molibdato alcalino a partir de óxido de molibdeno; y cromato alcalino a partir de óxido de cromo. Estos productos de reacción de sal alcalina son solubles en la sal fundida, en los subsiguientes enjuagues con agua o en ambos.
- 25 Sin embargo, aunque el aluminato alcalino se forma fácilmente en la reacción con la sal alcalina fundida, tal como en un baño de sal fundida anhidra convencional, no es soluble en sal. Por tanto, no se disuelve en baños convencionales, sino que permanece en la superficie del metal acondicionado, formando esencialmente una capa pasiva (o pasivación). Por el contrario, en aspectos de la presente invención, el agua presente en la solución dispuesta durante su transición 30 al estado anhidro a través del calentamiento en 106 permite que el aluminato alcalino se disuelva y, de ese modo, mantenga el procedimiento de acondicionamiento progresando, así como disolviendo otros óxidos metálicos que no se disuelven en los baños acondicionadores de sales convencionales.
- Después del acondicionamiento de las incrustaciones de sal y el enjuague con agua, una película de óxido de hierro 35 delgada, uniforme y fácil de eliminar permanece en la superficie de acero avanzado de alta resistencia que exhibe buena reactividad y fácil accesibilidad a los ácidos de decapado. Por lo tanto, la película de óxido se elimina fácilmente mediante el decapado con ácido clorhídrico en 112. La eliminación completa de incrustaciones residuales se logra fácilmente a velocidades normales de decapado con banda caliente, en algunos ejemplos después de diez (10) segundos de residencia del ácido de decapado en la superficie del producto metálico, dado que los impedimentos físicos y químicos a los ácidos clorhídricos convencionales se han mitigado, mediante la ejecución de la secuencia de 40 los pasos 102-110 anteriores.
- 45 Los resultados experimentales de la aplicación de los aspectos descritos anteriormente confirman la formación de manganato alcalino y silicato alcalino. Los paneles de prueba se procesaron mediante los pasos 102-108. El residuo de sal en las muestras se enjuagó en 110 y se recogió el agua de enjuague. En un caso, se desarrolló una coloración característica en el agua de enjuague indicativa de manganato alcalino. En otra prueba, el agua de enjuague recogida y analizada por espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP/OES) mostró resultados positivos para silicio y manganeso.
- En un aspecto, la solución acuosa de sal alcalina tiene una química de la masa fundida anhidra de esencialmente el 50 85% en peso de hidróxido de potasio (KOH), el 7,5% de nitrato de sodio (NaNO_3) y el 7,5% de cloruro de sodio (NaCl). En este contexto, se entenderá que el término «esencialmente» transmite que cualquier componente restante reductor o de otro modo reactivo estará en una cantidad fundamentalmente insuficiente para reaccionar con los óxidos de la capa de incrustación o la capa de superficie metálica subyacente.
- Una formulación de la solución acuosa de sal alcalina comprende el 33% en peso de escama de hidróxido de potasio al 90%, el 2,60% de nitrato de sodio, el 2,60% de cloruro de sodio, el 3,30% de agua de hidróxido de potasio en escamas y el 58,50% de agua adicional, comprendiendo la solución aproximadamente un 35% en peso de sólidos disueltos.
- 55 En otra formulación de la solución acuosa de sal alcalina se usa el 45% de hidróxido de potasio líquido como componente para producir el 29,7% en peso de hidróxido de potasio sobre una base seca, el 2,60% de nitrato de sodio, el 2,60% de cloruro de sodio, el 36,4% de agua (a partir del 45% de hidróxido de potasio líquido, al que se añade un 28,6% de agua adicional. Esta solución comprende aproximadamente un 29,7495% en peso de sólidos de hidróxido de potasio disueltos (el 85% del peso total de sólidos), el 2,625% de nitrato de sodio (el 7,5% del peso total

de sólidos) y el 2,625% de cloruro de sodio (el 7,5% del peso total de sólidos), para un peso total de sólidos del 34,9995% del peso de la solución.

Puede añadirse un porcentaje fraccional de un tensioactivo estable a los álcalis apropiado (menos del 0,1% del peso total en una base de solución acuosa húmeda) a las soluciones acuosas de sal alcalina anteriores. Los ejemplos 5 incluyen tensioactivo de Rhodia Mirataine ASC y Air Products SF-5, y aún otros serán evidentes para un experto en la técnica. Por tanto, a 100 gramos de la solución acuosa de sal alcalina se añaden aproximadamente 0,1 gramos del tensioactivo.

Cabe señalar que mientras en las realizaciones analizadas hasta ahora se usan cationes sodio o potasio como agentes 10 acondicionadores cáusticos alcalinos, en las mezclas de realizaciones alternativas se pueden utilizar diferentes cationes, y que los parámetros y efectos de desincrustación asociados dependen principalmente del anión particular presente.

El comportamiento de los compuestos usados como agentes desincrustantes puede ser fácil de juzgar visualmente, 15 en donde la ineeficacia del acondicionamiento puede confirmarse mediante un decapado posterior, después del cual estaría presente una incrustación original en forma sustancialmente sin cambios. Los criterios de evaluación para seleccionar las composiciones acondicionadoras apropiadas y sus cantidades estequiométricas aplicadas pueden incluir la apariencia de óxido acondicionado con respecto, por ejemplo, al color, la opacidad, la pérdida de peso y la uniformidad; facilidad de eliminación de las capas de óxido delaminadas mediante doblado mecánico, cepillado, 20 enjuague, limpieza o posterior decapado con ácido; y apariencia final de una superficie de metal desincrustada con respecto, por ejemplo, al color, al brillo, a la uniformidad, a la suavidad y a la ausencia de óxido residual. Debe entenderse que estos diversos criterios pueden variar independientemente en grado y dirección unos de otros, de modo que existe un cierto elemento subjetivo en la asignación cuantitativa de efectos perjudiciales o beneficiosos de cualquier agente de desincrustación o aditivo.

Los aspectos de la presente invención combinan tres o más procedimientos de acondicionamiento de incrustaciones 25 diferentes y distintos en una secuencia de múltiples etapas novedosa y específica que acondiciona y elimina de manera eficiente y satisfactoria las incrustaciones que comprenden mezclas de óxidos de hierro y aleación de la superficie de aceros avanzados de alta resistencia laminados en caliente. En la figura 2 se ilustra una representación algo esquemática de un procedimiento o sistema 400 para la sección de acondicionamiento de incrustaciones según el procedimiento y el método de la figura 1, como se describió anteriormente.

Se estira una tira de acero AHSS 406 a través de un primer aparato 408 de procedimiento de acondicionamiento en 30 que se acondiciona la capa de incrustaciones complejas formada sobre ella (mediante un procedimiento mecánico o de decapado) para comprometer la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustaciones complejas y, de ese modo, exponer el/los óxido(s) de aleación residual(es) a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación, ya sea a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro y/o mediante la eliminación de los componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación. La tira 406 puede tener incrustaciones 35 formadas tanto en la superficie superior como en la inferior y, por consiguiente, el presente ejemplo del procedimiento/sistema 400 representa elementos que realizan el acondicionamiento de las superficies tanto superior como inferior, aunque esto es opcional, y en algunos ejemplos solo está acondicionada una de las superficies superior e inferior.

Cuando el primer aparato 408 del procedimiento de acondicionamiento es un procedimiento de decapado, en una 40 estación 410 de enjuague con agua se enjuaga la superficie de la tira 406 después del procedimiento de decapado, y en un aparato 411 de secado se elimina la humedad y los aceites incidentales de la superficie del acero. En algunas realizaciones, en el aparato 411 de secado se limpia la superficie con un material absorbente que extrae la humedad de la superficie. En algunas realizaciones, el aparato 411 de secado incluye un aparato (no mostrado) de calentamiento separado en que se calienta la superficie 406 de la tira de metal para volatilizar cualquier aceite incidental que quede 45 después de los pasos de los procedimientos de enjuague 410 y secado, por ejemplo cuando en el aparato 411 de secado se incorpora aire forzado u otros elementos que secan la tira 406 de metal retirando la humedad del agua de la superficie sin eliminar también los aceites incidentales.

Una estación 412 de disposición de solución salina dispone una capa 414 de una solución acuosa de sal alcalina 50 según la presente invención, como se describió anteriormente, sobre la capa de incrustación en la superficie de la tira 406 que ha sido acondicionada mediante el primer procedimiento de acondicionamiento, en donde la capa 414 de solución acuosa de sal alcalina dispuesta interacciona con el óxido o los óxidos de aleación residuales expuestos a interacción química a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, o según se expone mediante la eliminación de los componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación. La formación de la capa 414 de solución acuosa de sal alcalina por la estación 412 de disposición se puede lograr de diversas formas, es decir, mediante cualquier método o sistema que forme un recubrimiento uniforme o humedecimiento completo de la superficie de la tira 406 de AHSS con la solución de acondicionamiento. Los ejemplos ilustrativos, pero no exhaustivos, 55 de los elementos y aparatos de la estación 412 de disposición incluyen rodillos de inmersión o revestidores de rollo/rodillo así como boquillas de pulverización, revestidores y aplicadores de cortina, métodos y sistemas de inmersión o combinaciones de los mismos.

Si bien en el diagrama se ilustra una línea de procedimiento en un plano horizontal, no se pretende limitar la configuración de la línea a un solo plano. Ciertos elementos, incluidos los cabezales 410 de enjuague con agua o los aplicadores 412 de solución, pueden configurarse fácilmente en un plano vertical seguido de otros elementos verticales u horizontales o en ángulo según sea necesario para llevar a cabo el procedimiento y/o adaptarse a las limitaciones de la línea física.

Una estación o un aparato 416 de calentamiento calienta la superficie de la tira 406 para llevar la solución 414 acuosa de sal alcalina dispuesta a al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit) fundiendo la sal alcalina en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida, en donde el agua y la forma cuasifundida de la(s) sal(es) alcalina(s) en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta reaccionan con (oxidan) cada uno del/de los óxido(s) de aleación para formar el/los respectivo(s) compuesto(s) de aleación alcalina soluble(s) en agua, como se describió anteriormente.

En una estación 418 de enjuague con agua luego se enjuaga la superficie de la tira 406 de AHSS producto con agua, disolviendo el agua el/los compuesto(s) de aleación alcalina soluble(s) en agua y enjuagando el/los compuesto(s) disuelto(s) en una capa 417 resultante (producida por el acondicionamiento alcalino mediante el procedimiento de calentamiento) de la superficie de la tira 406 de AHSS, dejando una película de óxido 419 de hierro en la superficie de la tira 406 de AHSS.

En un procedimiento 420 de decapado final se decapa y, de ese modo, se elimina la capa 419 de película de óxido de hierro de la superficie de la tira 406 de AHSS.

Se entenderá que cada uno de los componentes del procedimiento de la secuencia representada en la figura 2 puede implementarse por separado en diferentes ubicaciones y en diferentes líneas de producción de acero compatibles, líneas de decapado y líneas de equipos de acondicionamiento de sales alcalinas y ubicaciones que pueden estar alejadas entre sí. Por ejemplo, después de implementar el primer procedimiento 408 de acondicionamiento, la tira 406 de acero puede ser enrollada por un aparato (no mostrado) enrollador y transportada a otra ubicación, donde es desenrollada por un aparato (no mostrado) desenrollador y sometida a la deposición de solución acondicionadora alcalina por el aparato 412 y calentamiento por la estación 416 de calentamiento, y en donde puede ser enrollada, transportada, desenrollada, de nuevo, de manera similar, antes del acondicionamiento final por la estación 420 que puede estar ubicada remotamente en otra ubicación más diferente.

Por consiguiente, cada uno de los diferentes procedimientos de la secuencia 400 puede integrarse en forma de componente en diversas líneas de producción de acero, decapado y acondicionamiento de sales alcalinas diferentes y existentes, o implementarse fuera de línea, en diferentes procedimientos de acondicionamiento de incrustaciones. Cada procedimiento o línea de incorporación también puede seleccionarse en función de las propiedades de las incrustaciones de óxidos complejos, según sea apropiado para proporcionar interacción reactiva de los diferentes tipos y formas de incrustaciones de óxidos complejos que pueden formarse en función de diferentes temperaturas de formación y composiciones de aleación, como se analizó anteriormente. De ese modo, los aspectos permiten una compatibilidad total con las líneas de acondicionamiento de sales alcalinas y decapado existentes, aprovechando, de ese modo, las inversiones existentes en infraestructura, los procedimientos de decapado, las estructuras de gestión de ácidos, etc.

Si bien la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de las realizaciones de la misma, y si bien estas realizaciones se han descrito con considerable detalle, no se pretende restringir o limitar de ningún modo el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. Por ejemplo, si bien las discusiones anteriores pueden centrarse principalmente en metales en forma de tira, la aplicabilidad y el valor de la presente invención pueden ser útiles para acondicionar superficies de óxido o incrustaciones en diversas formas, geometrías o ensamblajes distintos de las tiras metálicas, y no se pretende limitar los beneficios a solo tiras de metal. A los expertos en la técnica les pueden parecer evidentes ventajas y modificaciones adicionales. Por tanto, la invención, en sus aspectos más amplios, no se limita a los detalles específicos, al aparato representativo o a los ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. Por consiguiente, se pueden hacer desviaciones de tales detalles sin apartarse del alcance del concepto inventivo general de los solicitantes.

Las unidades que se usan en esta memoria descriptiva y que no están de acuerdo con el sistema métrico pueden convertirse al sistema métrico con la ayuda de las siguientes fórmulas: $1^{\circ}\text{C} = (\text{ }^{\circ}\text{F}-32) \frac{5}{9}$; 1 pulgada = $2,54 \times 10^{-2}$ m; y 1 p.p.m. (pie por minuto) = $5,08 \times 10^{-2}$ m/s.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar y eliminar una capa de incrustación que comprende óxido de hierro y óxidos de elementos de aleación que se forma sobre una superficie de metal avanzado de alta resistencia, comprendiendo el método:
 5 acondicionar, mediante un primer procedimiento de acondicionamiento, una capa de incrustación que se forma sobre una superficie de un producto de acero avanzado de alta resistencia mediante reacción con oxígeno durante un procedimiento de laminación en caliente, en donde el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende al menos el dos (2) por ciento en peso de elementos de aleación, y en donde la capa de incrustación comprende óxido de hierro y óxido de elementos de aleación que se forma por oxidación de los elementos de aleación, y en donde el acondicionamiento mediante el primer procedimiento de acondicionamiento comprende al menos uno de comprometer
 10 la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación para, de ese modo, exponer el óxido de los elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación y a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, y exponer el óxido de los elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación mediante la eliminación de componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación;
 15 disponer sobre la capa de incrustación que se acondiciona mediante el primer procedimiento de acondicionamiento una solución acuosa de sal alcalina y, de ese modo, interaccionar con el óxido de los elementos de aleación que se expone a interacción química;
 20 calentar la solución acuosa de sal alcalina dispuesta hasta al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit), transformando dicho calentamiento al menos una sal alcalina en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida;
 25 oxidar, mediante reacción con la forma cuasifundida de la al menos una sal alcalina y con agua en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta, el óxido de elementos de aleación para formar al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua;
 30 enjuagar con agua la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, disolviendo el agua el al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua y enjuagando disuelto el al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, dejando de ese modo el enjuague una película de óxido de hierro sobre la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia; y
 decapar la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia mediante un procedimiento de decapado final para eliminar la capa de película de óxido de hierro de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia.
 2. El método de la reivindicación 1, en donde el primer procedimiento de acondicionamiento es un procedimiento mecánico de ruptura de incrustaciones que genera microgrietas en la incrustación de óxido para proporcionar vías de fluido a la interfaz incrustación-metal y expone eficazmente el óxido de elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación.
 35 3. El método de la reivindicación 1, en donde el primer procedimiento de acondicionamiento es un procedimiento de eliminación mecánica y abrasiva de incrustaciones en que se expone el óxido de los elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación mediante la eliminación de componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación.
 40 4. El método de la reivindicación 1, en donde el primer procedimiento de acondicionamiento es un primer procedimiento de decapado que comprende comprometer la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación para exponer, de ese modo, el óxido de los elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación y a través de la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, mediante:
 disposición de un primer ácido de decapado sobre la capa de incrustación;
 45 reacción del primer ácido de decapado dispuesto con el óxido de hierro en la capa de incrustación para formar los primeros productos de reacción que comprenden agua, una capa de carbono elemental, y al menos uno de un sulfato de hierro y un cloruro de hierro, en donde el primer ácido de decapado comprende al menos uno de un ácido clorhídrico y un ácido sulfúrico; y
 50 enjuague con agua de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia para eliminar el agua y el al menos uno de un sulfato de hierro y un cloruro de hierro de los primeros productos de reacción de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, formando, de ese modo, una capa exterior porosa que comprende el carbono elemental en una superficie exterior de la capa de incrustación que permite que la solución acuosa de sal alcalina dispuesta sobre la superficie exterior de la capa de incrustación pase a través de la superficie exterior de la capa de incrustación e interaccione con el óxido de los elementos de aleación subyacentes dispuestos en la capa de incrustación; y

comprendiendo además el método que la solución acuosa de sal alcalina dispuesta y calentada oxide la capa exterior porosa del carbono elemental para generar dióxido de carbono.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

hacer pasar la solución acuosa de sal alcalina dispuesta de un estado de solución acuosa inicial a un estado de solución acuosa muy concentrada, luego a una condición semifundida superhidratada y, por último, a un estado fundido anhidro, durante la etapa de calentamiento de la solución acuosa de sal alcalina dispuesta hasta al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit); y

disolver el agua en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta el al menos un compuesto de aleación alcalina soluble en agua formado por la etapa de oxidación del óxido de elementos de aleación en la capa de incrustación durante la transición de la solución acuosa de sal alcalina dispuesta al estado fundido anhidro.

6. El método de la reivindicación 5, en donde la etapa de decapado de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia para eliminar la capa de película de óxido de hierro comprende:

disponer un segundo ácido de decapado sobre la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia;

disolver el segundo ácido de decapado la capa de óxido de hierro que queda en la superficie del acero avanzado de alta resistencia después del primer procedimiento de acondicionamiento de la superficie del acero avanzado de alta resistencia.

7. El método de la reivindicación 5, en donde el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende una pluralidad de diferentes elementos de aleación, y la pluralidad de diferentes elementos de aleación comprende al menos dos de silicio, manganeso, aluminio, molibdeno y cromo;

20 en donde la capa de incrustación formada en la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia comprende una pluralidad de diferentes óxidos de elementos de aleación, y la pluralidad de diferentes óxidos de elementos de aleación comprende al menos dos de dióxido de silicio, dióxido de manganeso, óxido de aluminio, óxido de molibdeno y óxido de cromo; y

25 en donde el al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua comprende una pluralidad de diferentes compuestos de elementos de aleación alcalinos, y la pluralidad de diferentes compuestos de elementos de aleación alcalinos comprende al menos dos de silicato alcalino formado a partir del dióxido de silicio, manganato alcalino formado a partir del dióxido de manganeso, aluminato alcalino formado a partir del óxido de aluminio, molibdato alcalino formado a partir del óxido de molibdeno, y cromato alcalino formado a partir del óxido de cromo.

30 8. El método de la reivindicación 5, en donde la etapa de calentar la solución acuosa de sal alcalina dispuesta para fundir al menos una sal alcalina en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta en la forma fundida comprende calentar la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende además calentar la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia hasta una temperatura de al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit) durante al menos cinco segundos.

35 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además calentar la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia hasta una temperatura de 600 grados Fahrenheit (315 grados Celsius) durante al menos cinco segundos.

11. El método de la reivindicación 8, en donde una forma anhidra de la al menos una sal alcalina fundida comprende, en peso:

40 85% de hidróxido de potasio (KOH);

7,5% de nitrato de sodio (NaNO₃); y

7,5% de cloruro de sodio (NaCl).

12. El método de la reivindicación 11, en donde la solución acuosa de sal alcalina comprende aproximadamente el 35% en peso de sólidos disueltos, y en peso:

45 33% de escama de hidróxido de potasio al 90%;

2,60% de nitrato de sodio;

2,60% de cloruro de sodio;

3,30% de agua del hidróxido de potasio en escamas; y

58,50% de agua adicional.

13. El método de la reivindicación 12, en donde se añade un tensioactivo estable alcalino a la solución acuosa de sal alcalina, comprendiendo el peso del tensioactivo añadido entre el 0,01% y el 1% del peso total de la solución acuosa de sal alcalina.

5 14. Un sistema (400), que comprende:

un primer aparato (408) del procedimiento de acondicionamiento que compromete la integridad estructural de óxido de hierro en una capa de incrustación que se forma sobre la superficie de un producto de acero avanzado de alta resistencia mediante la reacción con oxígeno durante un procedimiento de laminación en caliente, en donde el producto de acero avanzado de alta resistencia comprende al menos el dos (2) por ciento en peso de elementos de aleación y la capa de incrustación comprende óxido de elementos de aleación formado por oxidación de la aleación y el óxido de hierro, y en donde el primer aparato del procedimiento de acondicionamiento compromete la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación para exponer el óxido de elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación y mediante la integridad estructural comprometida del óxido de hierro;

10 15. una estación (412) de disposición de solución salina en que se dispone sobre la capa de incrustación acondicionada mediante el primer aparato (408) del procedimiento de acondicionamiento una capa de una solución acuosa de sal alcalina, interaccionando, de ese modo, con el óxido de elementos de aleación que está expuesto a interacción química;

20 25. un aparato (416) de calentamiento que calienta la solución acuosa de sal alcalina dispuesta hasta al menos 288 grados Celsius (550 grados Fahrenheit), transformando dicho calentamiento al menos una sal alcalina en la capa de solución acuosa de sal alcalina dispuesta en una forma cuasifundida, y la forma cuasifundida de la al menos una sal alcalina y agua en la solución acuosa de sal alcalina dispuesta oxida el óxido de elementos de aleación para formar una capa resultante que comprende al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua en la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia;

30 25. una estación (418) de enjuague con agua que enjuaga la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia con agua, disolviendo el agua el al menos un compuesto de elementos de aleación alcalinos soluble en agua en la capa resultante y enjuagando el disuelto el al menos un compuesto disuelto de aleación alcalina soluble en agua de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, dejando de ese modo el enjuague una película de óxido de hierro sobre la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia; y

35 30. un aparato (420) de procedimiento de decapado final que decapa la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia mediante un procedimiento de decapado final para retirar la capa de película de óxido de hierro de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia; y

en donde el primer aparato (408) del procedimiento de acondicionamiento se selecciona del grupo que consiste en:

35 40. un procedimiento (408) mecánico de rotura de incrustaciones que genera microgrietas en la incrustación de óxido para proporcionar vías de fluido a la interfaz incrustación-metal y expone eficazmente el óxido de los elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación;

45 40. un procedimiento (408) mecánico y abrasivo de eliminación de incrustaciones que expone el óxido de elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación mediante la eliminación de componentes de óxido de hierro de la capa de incrustación; y

50 45. un primer procedimiento (408) de decapado que comprende comprometer la integridad estructural del óxido de hierro en la capa de incrustación para, de ese modo, exponer el óxido de elementos de aleación a interacción química mediante la disposición sobre la capa de incrustación y mediante la integridad estructural comprometida del óxido de hierro, mediante la disposición de un primer ácido de decapado sobre la capa de incrustación, en donde el primer ácido de decapado dispuesto reacciona con el óxido de hierro en la capa de incrustación para formar primeros productos de reacción que comprenden agua, una capa de carbono elemental y al menos uno de un sulfato de hierro y un cloruro de hierro, en donde el primer ácido de decapado comprende al menos uno de un ácido clorhídrico y un ácido sulfúrico y en donde el sistema comprende además otro aparato (410) de enjuague con agua que enjuaga la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia para eliminar el agua y al menos uno de un sulfato de hierro y un cloruro de hierro de los primeros productos de reacción de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia; y un aparato (411) de secado que elimina humedad y aceites incidentales de la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia, formando, de ese modo, una capa externa porosa que comprende el carbono elemental en una superficie externa de la capa de incrustación que permite que la solución acuosa de sal alcalina dispuesta sobre la superficie exterior de la capa de incrustación pase a través de la superficie exterior de la capa de incrustación e interaccione con óxidos de elementos de aleación subyacentes dispuestos en la capa de incrustación, en donde la solución acuosa de sal alcalina calentada y dispuesta oxida la capa exterior porosa del carbono elemental para generar dióxido de carbono.

15. El sistema de la reivindicación 14, en donde el aparato de secado calienta la superficie del producto de acero avanzado de alta resistencia para volatilizar los aceites incidentales.

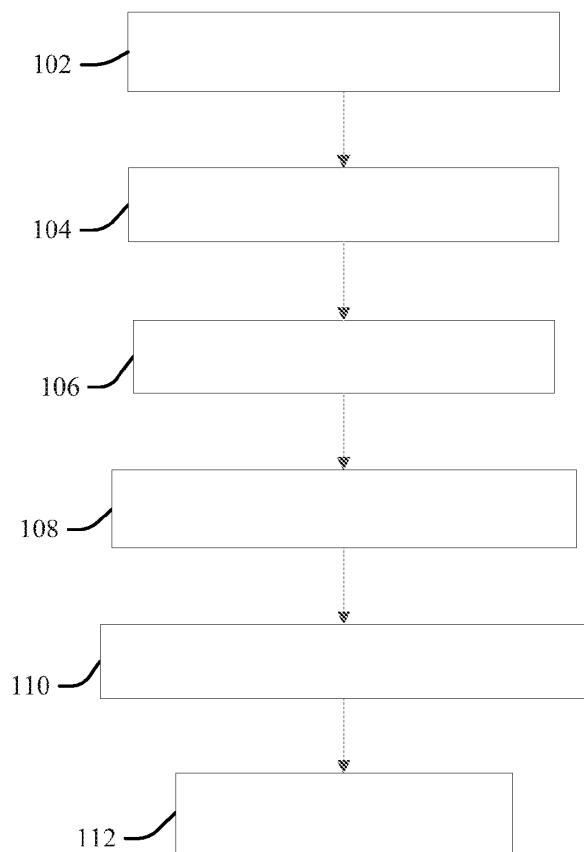


FIG. 1

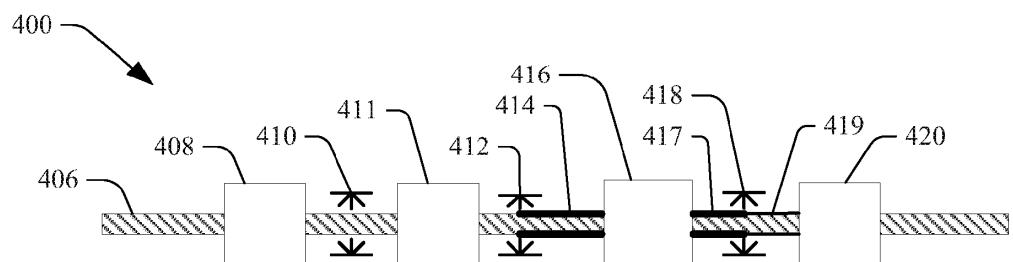


FIG. 2

FIG. 3

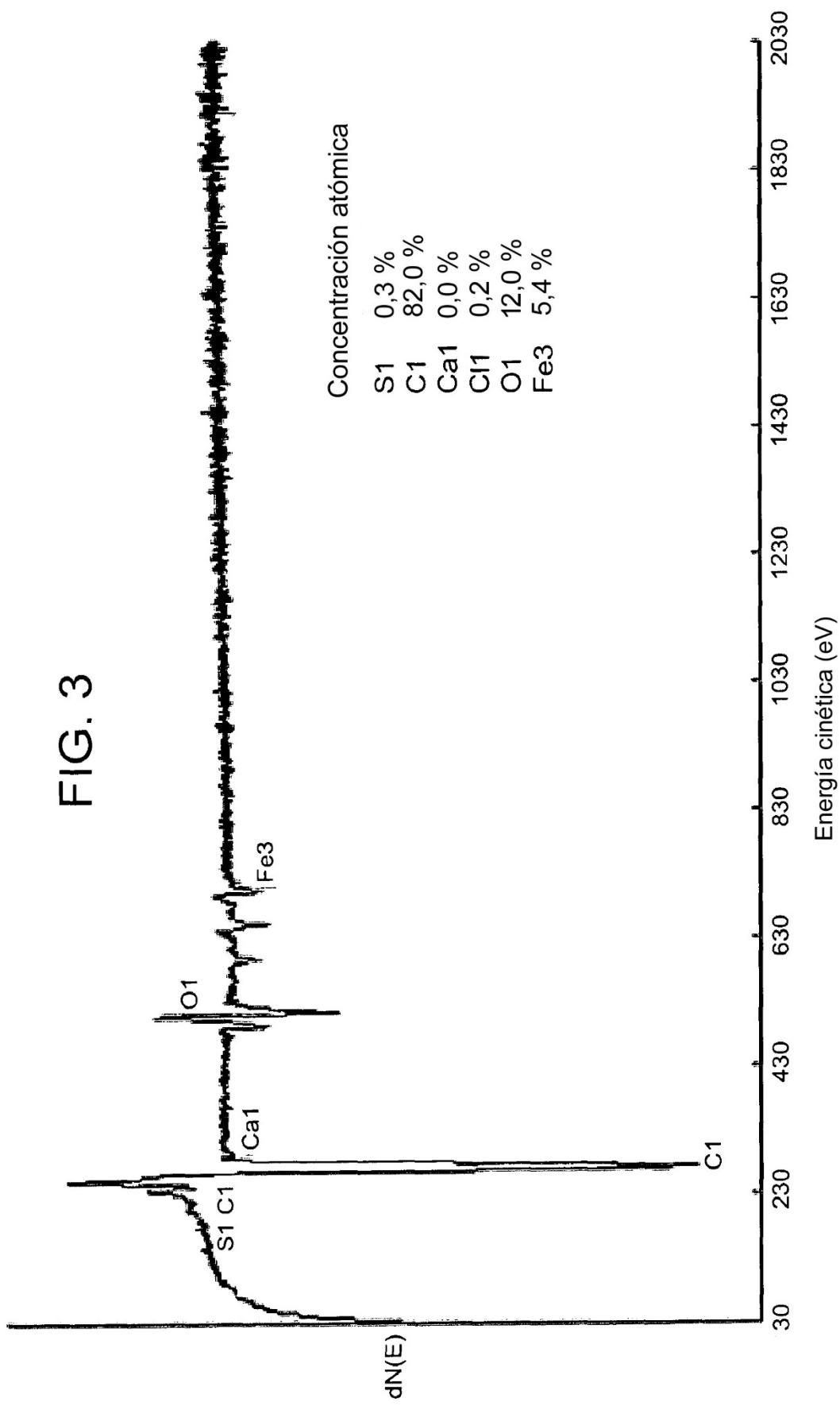


FIG. 4

