

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 323**

51 Int. Cl.:

C21D 5/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.01.2011 PCT/US2011/020479**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11085172**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2011 E 11701570 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2524062**

54 Título: **Método para el tratamiento de incrustaciones de superficie metálica y aparato para el mismo**

30 Prioridad:

11.01.2010 US 293821 P

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

15.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MALLOY, JAMES, C.;
MCCARDLE, DENNIS, J. y
KITCHEN, RICHARD, M.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 704 323 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

Método para el tratamiento de incrustaciones de superficie metálica y aparato para el mismo

Campo de la invención

La invención se refiere generalmente a tratamiento de óxido o incrustaciones en metal

5 Antecedentes de la invención

El tratamiento de superficies de óxido o incrustaciones en superficies metálicas, a veces denominado desincrustación, se desea con respecto a la producción de tiras de acero inoxidable y de metal de superaleación. Aunque nuestra discusión se centra principalmente en los metales en forma de tira, la aplicabilidad y valor de nuestra invención pueden ser útiles para tratar superficies de óxido o incrustaciones en varias formas, geometrías o conjuntos distintos de la tira de metal; no es nuestra intención limitar el beneficio únicamente a tiras de metal. Los aceros inoxidables son aleaciones ferrosas que contienen más de alrededor de 10% de cromo para el propósito de mejorar la resistencia a la corrosión y oxidación, y también pueden contener níquel, molibdeno, silicio, manganeso, aluminio, formadores de carburo y otros elementos. Las familias de superaleaciones pueden contener níquel o cobalto como elemento base predominante e incorporar elementos de aleación más exóticos, tales como wolframio, titanio, niobio y otros elementos. Todos estos elementos base y elementos aditivos tienen una alta afinidad por el oxígeno a altas temperaturas y forman óxidos tenaces y químicamente estables que complican su subsecuente retirada, que se requiere antes del procesado o venta adicional.

Las técnicas de desincrustación de la técnica anterior para algunos grados de aceros de baja aleación con incrustaciones muy ligeras incluyen el decapado de la tira de acero en ácido mineral, tal como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, ácido nítrico o mezclas de los mismos. Sin embargo, a menudo un simple decapado ácido es insuficiente para tratar tiras de acero de más alta aleación. Se puede requerir tratamiento de incrustaciones antes del decapado ácido. Las composiciones típicas usadas para el tratamiento de incrustaciones son mezclas cáusticas de hidróxidos de metal alcalino y nitratos de metal alcalino con varios otros aditivos, tales como carbonatos de haluros alcalinos y/u otros agentes oxidantes, a menudo denominados desincrustantes o sales de tratamiento de incrustaciones. Una técnica convencional para usar tales composiciones es en un baño de sal anhidra fundida en un recipiente a temperaturas elevadas, por ejemplo, de 427°C (800°F) a 538°C (1000°F), en el que un objeto metálico primero se sumerge, seguido de un lavado con agua y decapante ácido.

El documento WO-A-01/46496 describe una composición, aparato y método de uso de la composición para desincrustación por pulverización o tratamiento acuoso de incrustaciones u óxido en superficies metálicas. Se usa una disolución acuosa que tiene una composición base de un hidróxido de metal alcalino y puede contener ciertos aditivos para mejorar el rendimiento de desincrustación de la sal. En una realización, una tira de acero inoxidable está a una temperatura entre el punto de fusión del hidróxido de metal alcalino en forma anhidra y una temperatura a la que aparece el efecto Leidenfrost. Se usan una o más boquillas para pulverizar la disolución a medida que la tira calentada se pasa por la boquilla o boquillas.

El documento US-A-3617039 describe un método de desincrustar aceros que contienen cromo o inoxidables humedeciendo primero la superficie del acero de la que se van a retirar las incrustaciones con una disolución acuosa del hidróxido de metal alcalino para formar una capa delgada de la disolución acuosa sobre él y someterlo a una reacción de oxidación en fase gaseosa en una atmósfera que contiene oxígeno. Esta reacción de oxidación se realiza durante un corto periodo de tiempo y a una temperatura a la que la delgada capa de compuesto de metal alcalino sobre el acero está en un estado fundido.

El documento US-A-2717845 describe un método para desincrustar la superficie de metales en la que una tira continua de metal móvil se hace pasar a una velocidad dentro de un intervalo de entre 0.15 m/s y 0.5 m/s a través de un baño de sal fundida de hidróxido de sodio o similares a una temperatura de entre 370°C y 400°C aproximadamente.

45 Breve resumen de la invención.

Se proporciona un sistema según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 7 para tratar incrustaciones de óxido en la superficie de un objeto metálico. El sistema (100) incluye un aparato (105) de control de temperatura que controla la temperatura de la superficie (112) del objeto (106) metálico a una temperatura de aplicación por debajo del punto de temperatura de Leidenfrost y el punto de fusión de una mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhidro dentro de una disolución acuosa de tratamiento, en el que la superficie del objeto metálico tiene unas incrustaciones de óxido que tiene una profundidad inicial desde la superficie del objeto metálico. Un aparato (108) de aplicación moja la superficie del objeto metálico a la temperatura controlada con una capa (111) delgada de la disolución acuosa de tratamiento que entra en contacto con las incrustaciones de óxido. Un aparato (113) de calentamiento calienta la superficie del objeto metálico humedecido a una temperatura de tratamiento final que está por encima del punto de fusión de la mezcla de hidróxido de metal esencialmente alcalino por valor adicional seleccionado de un intervalo de cero a 94°C (200°F) para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido en la superficie metálica a una velocidad razonable pero no excesiva, evaporando por ello agua la superficie

del objeto metálico humedecido caliente en la disolución acuosa de tratamiento y fundiendo la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhidro en la superficie del objeto metálico, en el que el hidróxido de metal alcalino fundido reacciona con las incrustaciones de óxido atacadas y reduce las incrustaciones de óxido a una profundidad condicionada desde la superficie del objeto metálico que es menor que la profundidad inicial. El sistema comprende adicionalmente un aparato de enfriamiento para enfriar la superficie del objeto metálico a una temperatura por debajo de la temperatura de tratamiento final en un extremo de un periodo de tiempo de tratamiento para terminar el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico más allá de la profundidad tratada como una función de un parámetro del material y un parámetro dimensional del objeto metálico, la terminación previniendo la creación de unas incrustaciones de óxido adicionales más allá de la profundidad tratada de la superficie del objeto metálico. El sistema se caracteriza por seleccionar la temperatura de tratamiento final y el periodo de tiempo de tratamiento para producir una extensión especificada del tratamiento de las incrustaciones en la superficie del objeto metálico y por la disolución acuosa de tratamiento que comprende: una mezcla eutéctica de hidróxidos de sodio y potasio a 30% en peso; 3% en peso de nitrato de sodio; 67% en peso de agua; y a la que se añade menos de 1% en peso de por lo menos un tensioactivo no iónico.

15 **Breve descripción de los dibujos.**

La Figura 1 es una ilustración gráfica de hierro, cromo, níquel y oxígeno como porcentajes en peso normalizados en función de la distancia en Angstroms de la superficie de una muestra de acero inoxidable de tipo 304 recocido ejemplar.

La Figura 2 es una ilustración gráfica de los porcentajes en peso normalizados de hierro, cromo, níquel y oxígeno en la muestra de acero inoxidable de tipo 304 de la Figura 1 después de la inmersión en un baño de sal convencional de la técnica anterior durante un periodo de tiempo convencional.

La Figura 3 es una ilustración gráfica de los porcentajes en peso normalizados de hierro, cromo, níquel y oxígeno en la muestra de acero inoxidable de tipo 304 de la Figura 1 después de la inmersión en un baño de sal convencional de la técnica anterior durante un periodo de tiempo prolongado.

La Figura 4 es una ilustración gráfica de los porcentajes en peso normalizados de hierro, cromo, níquel y oxígeno en la muestra de acero inoxidable de tipo 304 de la Figura 1 después del tratamiento según la presente invención.

La Figura 5 es una vista esquemática de un procedimiento para el tratamiento de incrustaciones según la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

Hay varios inconvenientes de las técnicas de baño de sal de inmersión. El baño de sal se tiene que mantener a temperaturas elevadas, lo que puede consumir mucha energía. Los baños cáusticos fundidos que requieren rodillos sumergidos pueden ser difíciles de mantener y pueden provocar el deterioro de la superficie de la tira que se desincrusta. Hay problemas y peligros de "arrastre hacia afuera" con respecto al tratamiento de tiras de acero con la composición fundida calentada: a medida que la tira sale de un recipiente de composición fundida, lleva consigo una cierta cantidad de la composición fundida, calentada, especialmente a altas velocidades de la tira. Los esfuerzos para incorporar rodillos de limpieza de metal para reducir este arrastre químico del baño pueden introducir su propio conjunto de complicaciones en el procedimiento que incluyen rayar o estropear las finas superficies metálicas. La exposición a alta temperatura a largo plazo a la que están sometidas estas composiciones de baño fundido limita los compuestos que se pueden incorporar al baño de trabajo, lo que restringe más la flexibilidad del procedimiento.

El uso de tratamiento en baño de sal de tipo de inmersión también puede dar como resultado un sobretratamiento de la superficie metálica con un exceso de formación de óxido, así como otros efectos perjudiciales. La Figura 1 proporciona una ilustración gráfica de los perfiles de microsonda Auger de barrido (SAM) de hierro (Fe) 12, cromo (Cr) 14, níquel (Ni) 16 y oxígeno 18 que representan porcentajes en peso normalizados (el eje vertical 20) en función de la distancia en Angstroms (Å) desde la superficie (el eje horizontal 22) de una muestra de acero inoxidable de tipo 304 recocida en un horno de gas en una atmósfera oxigenada con un 3% de oxígeno en exceso a una temperatura de 1925°F (1052°C) durante 120 segundos. El perfil de oxígeno 18 es indicativo de cantidades relativas de óxido de cromo y óxido de hierro; a medida que disminuyen los niveles de oxígeno, también lo hacen las cantidades correspondientes de óxido de cromo y óxido de hierro y, de este modo, cantidades cada vez mayores de cromo y hierro en lugar de óxido de cromo y óxido de hierro. Se muestra que la superficie de la muestra de acero inoxidable de tipo 304 recocido (la región que va de cero a 2000 Å a lo largo del eje 22) está compuesta principalmente de óxido de cromo, con regiones más profundas que se estabilizan progresivamente hasta alrededor de 8000 Å a 10000 Å en las que la muestra tiene una composición de alrededor de 18% de Cr y 8% de Ni, la composición típica y esperada del acero inoxidable de tipo 304 y, de este modo, más allá del grado necesario para el tratamiento de incrustaciones, y además, en la que retirada de cualquier exceso de formación de óxido puede dar como resultado efectos de superficie no deseados así como innecesarios y costosos procedimientos de decapado adicionales.

La Figura 2 proporciona una ilustración gráfica de perfiles de profundidad elemental SAM de los porcentajes en peso normalizados de hierro 42, cromo 44, níquel 46 y oxígeno 48 en un panel de 10.16 centímetros (4 pulgadas) x 15.24 centímetros (6 pulgadas) de 0.635 milímetros (0.025 pulgadas) de calibre de tipo 304 de acero inoxidable de tipo 304

recocido (18/8 cromo-níquel) después de un tratamiento de baño de sal convencional de la técnica anterior. El baño de sal era una composición esencialmente anhidra (es decir, no comprende suficiente agua para reaccionar con la composición o una superficie del objeto metálico sumergido en ella) que comprende alrededor de 12% en peso de nitrato de sodio, alrededor de 10% en peso de cloruro de sodio, alrededor de 15% en peso de hidróxido de potasio y alrededor de 63% en peso de hidróxido de sodio. Esta composición de baño de sal se enseña en la patente de EE.UU. No. 3260619 otorgada a Shoemaker et al. el 12 de julio de 1966, aunque se entenderá que las realizaciones de baño de sal alternativas que se enseñan aquí y en otros lugares también se pueden usar para el tratamiento de baño de sal de inmersión convencional. Los perfiles 42, 44, 46 y 48 se obtuvieron después de sumergir la muestra durante un período de tiempo convencional de la técnica anterior de 30 segundos en el baño de sal fundida calentado a una temperatura de operación de 850°F (454°C), la muestra a continuación se retiró del baño y la composición del baño de sal que aún se adhiere a la muestra se dejó gotear durante unos pocos segundos, y a continuación la muestra se sumergió rápidamente en una cubeta de agua del grifo a temperatura ambiente y subsecuentemente se secó al aire.

En contraste con el perfil ilustrado en la Figura 1, la Figura 2 muestra que los niveles de óxido de cromo de la superficie original se han retirado casi completamente, quedando solo óxido de hierro y unas incrustaciones tratadas residuales que se producen de alrededor de 4000 a alrededor de 5000 Å, en la que después (desde 5000 Å y más profundo desde la superficie) la composición de la muestra de acero inoxidable se estabiliza. Otro interés adicional es una región 50 del "hombro" en el perfil 42 de hierro de alrededor de cero a alrededor de 2000 Å, en la que el porcentaje en peso normalizado de hierro generalmente oscila entre alrededor de 55% y 58% a medida que la profundidad aumenta en este intervalo, hasta que comienza a ascender progresivamente después de 2000 Å de profundidad. Esta oscilación sugiere que se están produciendo procedimientos de tratamiento excesivo, lo que incrementa innecesariamente la cantidad de incrustaciones de óxido tratadas que se deben retirar subsecuentemente, como se discute más adelante y que se vuelve aún más evidente con referencia a la Figura. 3.

La reacción con las incrustaciones en una tira generalmente se completa rápidamente después de la inmersión en tales baños; sin embargo, la logística del procesamiento de la tira generalmente dicta que la tira permanezca sumergida en el baño bastante después de que se haya obtenido el tratamiento óptimo; dado que la reacción de tratamiento avanza hasta ahora demasiado rápidamente, el sobretratamiento necesariamente ocurre antes de que la tira tratada salga de un baño de inmersión, obviando de este modo cualquier oportunidad de templado oportuno para prevenir el sobretratamiento. La Figura 3 es una ilustración gráfica de los perfiles de SAM de porcentajes en peso normalizados de hierro 52, cromo 56, níquel 58 y oxígeno 54 en un panel de 0.635 milímetros (0.025 pulgadas) de calibre, 10.16 centímetros (4 pulgadas) × 15.24 centímetros (6 pulgadas) de acero inoxidable de tipo 304 recocido de la Figura 1 después de la inmersión en el baño de sal de la técnica anterior de la Figura 2 durante un período de tiempo prolongado, es decir, durante unos 120 segundos. Como antes con respecto a la Figura 2, a continuación se retiró la muestra del baño, la composición del baño de sal aún adherida a la muestra se dejó escurrir durante unos segundos y a continuación la muestra se sumergió rápidamente en una cubeta de agua del grifo a temperatura ambiente y subsecuentemente se secó al aire. La Figura 3 muestra claramente los efectos perjudiciales del tratamiento de tiempo de inmersión prolongado, lo que puede ocurrir cuando una línea de tiras de un procedimiento continuo que incorpora tratamiento de baño de sal se detiene o se desacelera y una tira de acero inoxidable queda expuesta a un proceso de inmersión fundida durante un tiempo prolongado, por ejemplo, 60, o 120 segundos o incluso más. El perfil 52 de hierro en vista del perfil 54 de oxígeno indica que el óxido de hierro se produce a un nivel constante e inaceptablemente alto en toda la longitud de los datos de barrido Auger, hasta más de 10000 Å de profundidad desde la superficie, con el cromo 56 reducido a casi la mitad de su concentración nativa, deseada. Se cree que esto ocurre porque el óxido de hierro no se disuelve en la sal fundida (lo que se indica adicionalmente en la pequeña región del hombro 50 de la Figura 2), pero sí lo hace el cromato alcalino, lo que da como resultado una disminución inaceptable de la profundidad de cromo en la superficie metálica.

La Figura 4 proporciona perfiles SAM de hierro 62, cromo 64, níquel 66 y oxígeno 68 para otro panel de 0.635 milímetros (0.025 pulgadas) de calibre, 10.16 centímetros (4 pulgadas) × 15.24 centímetros (6 pulgadas) del acero inoxidable recocido de tipo 304 de la Figura 1 como se trata según la presente invención. Se aplicó un líquido acuoso alcalino finamente al acero inoxidable de tipo 304 recocido a temperatura ambiente, a continuación la muestra revestida se calentó en una orientación horizontal en un horno eléctrico precalentado a alrededor de 800°F (427°C) durante alrededor de 120 segundos, en el que el panel se llevó a la temperatura de tratamiento final de alrededor de 650°F (343°C), a continuación la muestra se lavó subsecuentemente con agua del grifo dentro de los 30 segundos después de alcanzar dicha temperatura de tratamiento y a continuación se secó al aire. La Figura 4 muestra un claro contraste y mejora con respecto al perfil de resultados de un tratamiento de inmersión de tiempo y temperatura convencionales representado en la Figura 2. Una persona experta en la técnica entenderá que el objetivo final en el tratamiento del acero inoxidable recocido es retirar el óxido de cromo de la superficie original sin atacar adversamente al metal subyacente (es decir, reducir los niveles de cromo nativo) y además, sin acumular innecesariamente nuevo óxido de hierro que se necesita retirar subsecuentemente en la sección de decapado de la línea. Como ilustra la Figura 4, se obtiene una superficie libre de óxido de cromo de manera relativamente más rápida y más eficientemente con relación a la profundidad desde la superficie; se evita el hombro 50 de óxido de hierro de la Figura 2, la línea 62 de perfil de hierro en cambio asciende de manera rápida y constante hasta un nivel de contenido por los 2000 Å de profundidad y, además, en la que la composición deseada de alrededor de 18% de Cr 64 y 8% de Ni 66 también se alcanza a 2000 Å de profundidad, una mejora de alrededor del 60% en comparación

con el rendimiento de los resultados del tratamiento por inmersión convencional representados en la Figura 2 en la reducción de la profundidad y extensión de los óxidos superficiales.

La presente invención es apropiada para la práctica con una amplia variedad de metales, que incluyen de manera ilustrativa pero no exhaustiva los aceros inoxidables y las superaleaciones y sus elementos de aleación tales como manganeso, molibdeno, titanio, etc. La invención también es aplicable para reaccionar con óxidos de estos y otros elementos de aleación para formar especies retiradas más fácilmente, tales como manganatos, molibdatos, titanatos alcalinos, etc., por ejemplo, en el tratamiento de aleaciones de titanio, aleaciones de molibdeno, etc., que incluyen las incorporadas en otras aleaciones como agentes de aleación.

Según la presente invención, el tiempo requerido para tratar las incrustaciones de óxido es prácticamente instantáneo una vez que se alcanza el umbral de temperatura de tratamiento final. Para el acero inoxidable, se cree que la temperatura de tratamiento final varía de alrededor de 600°F (315°C) a alrededor de 650°F (343°C), y la temperatura seleccionada o determinada puede depender de la composición del material como así como de los parámetros dimensionales. Por ejemplo, se determinó que la temperatura de tratamiento final es de 650°F (343°C) para el panel de 0.635 milímetros (0.025 pulgadas) de calibre, 10.16 centímetros (4 pulgadas) x 15.24 centímetros (6 pulgadas) de acero inoxidable recocido de tipo 304 de la Figura 1 colocando un panel revestido en un lado con un líquido acuoso alcalino según la presente invención en un plano horizontal y a continuación calentándolo (en un ejemplo desde abajo con una pistola de aire caliente a alta temperatura o colocándolo en una bobina de resistencia calefactora). Una vez que la superficie revestida alcanzó la temperatura de tratamiento final, 650°F (343°C) como se determinada por un termopar de contacto de diámetro fino, un área del núcleo central del panel cambió muy rápidamente de un color de recocido a un color de cromato alcalino característico de tratamiento, y en el que el área tratada creció radialmente hacia afuera a medida que se llegaba a la temperatura crítica en las áreas periféricas del panel. De este modo, la consecución de la temperatura de tratamiento final y el tratamiento de óxido completo asociado según la presente invención se puede determinar mediante un examen visual del acero recocido, por ejemplo, buscando una película de sal fundida brillante y una apariencia distintiva de cambio de color. Una persona experta en la técnica entenderá que el tiempo requerido para que una superficie metálica recocida revestida con un líquido acuoso alcalino según la presente invención llegue a la temperatura de tratamiento final es una función de una diferencia de temperatura (ΔT) entre dicha temperatura de tratamiento final y la temperatura del dispositivo de calentamiento (flujo de calor). Al revestir finamente la superficie del panel recocido a tratar, la presente invención limita el sumidero químico presente en la superficie del metal y, de este modo, una vez que se alcanza la temperatura de tratamiento final, tiene lugar poca reacción adicional incluso si el objeto metálico se mantiene a la temperatura de tratamiento final durante algún tiempo adicional.

Los líquidos acuosos alcalinos según la presente invención comprenden hidróxidos eutécticos, y se incluyen porcentajes fraccionales de por lo menos un tensioactivo para ayudar al rendimiento de impregnación del líquido y ayudar a mantener las dimensiones del revestimiento delgado. El líquido acuoso alcalino comprende además oxidantes para aumentar el potencial oxidante del líquido, y las composiciones según la presente invención se pueden mezclar a medida dependiendo del tipo y cantidades de óxidos que pueden estar presentes en el acero a tratar. Una realización de un líquido acuoso alcalino según la presente invención, usada para obtener el tratamiento ilustrado en la Figura 4 es una mezcla eutéctica de hidróxidos de sodio y potasio a alrededor de un 30% en peso (más específicamente, 18% de hidróxido de potasio y 12% de hidróxido de sodio), 3% en peso de nitrato de sodio como potenciador oxidante y 67% en peso de agua, y a la que se añadió tres gotas de cada uno de Nonidet® SF-5 y Mirataine® ASC (NONIDET SF-5 es una marca comercial de Air Products and Chemicals, Inc., en los Estados Unidos o en otros países; MIRATAINE es una marca comercial de Rhodia en Estados Unidos u otros países). Nonidet® SF-5 es un tensioactivo no iónico alcoxilado de baja espuma hecho de alcohol lineal, y el nombre químico de Mirataine® ASC es cocoamidopropilhidroxisultaina.

Según la presente invención, la solubilidad de los productos de reacción (por ejemplo, cromato alcalino) se puede alcanzar rápidamente en la cantidad de peso delgado y ligero del líquido acuoso alcalino que incorpora el tensioactivo. Al mantener la delgada capa de revestimiento, los productos químicos reactivos en el líquido acuoso alcalino se consumen sustancialmente inmediatamente después de que el objeto revestido llegue a la temperatura de tratamiento final, quedando poco reactivos residuales disponibles para el tratamiento adicional del óxido u otras reacciones con el objeto metálico tratado: de este modo, cualquier retraso de tiempo desde la finalización del tratamiento hasta el templado o lavado con agua es generalmente intrascendente para la realización del procedimiento, y más particularmente no provocará el sobretratamiento del sustrato metálico mostrado por los tratamientos de inmersión a largo plazo como se ilustra en la Figura 3. También es evidente que al solo requerir suficiente líquido acuoso alcalino para cubrir un objeto a tratar, se evita la necesidad de cantidades adicionales sustanciales para formar baños de sales fundidas, y de este modo la presente invención permite mayor coste de material y eficiencias de tratamiento en relación con los procedimientos de inmersión de la técnica anterior. Además, dado que los constituyentes químicos de la película desincrustante solo necesitan ser estables a la temperatura durante un tiempo muy corto, se pueden emplear compuestos químicos más novedosos o reactivos de lo que es posible en las formulaciones químicas de inmersión tradicionales debido a su necesidad de estabilidad a alta temperatura a largo plazo.

La presente invención también proporciona eficiencias energéticas superiores con relación a los procedimientos de inmersión convencionales. En un aspecto, es necesario operar recipientes de baño de sal de procedimiento de

5 inmersión a temperaturas bastante por encima de la temperatura o intervalo de tratamiento final practicado por la presente invención. Las viscosidades de las disoluciones de baño de sales anhidras de mayor densidad apropiadas para los procedimientos de inmersión convencionales en el intervalo de temperatura de tratamiento final ejemplar descrito anteriormente (de alrededor de 600°F (315°C) a alrededor de 650°F (343°C)) son demasiado altas, lo que
10 prohíbe operar el baño de sal dentro de este intervalo de temperatura para prevenir el arrastre excesivo de sal, y requiere que los recipientes de baño de sal se operen y se mantengan a temperaturas mucho más altas, como a de alrededor de 752°F (400°C) a alrededor de 932°F (500°C), para evitar problemas de arrastre de material. También se observará que aunque otra técnica anterior enseña el tratamiento de objetos metálicos revistiendo los objetos con una disolución alcalina y a continuación calentando los objetos revestidos en un horno de recocido, estos
15 procedimientos de recocido requieren temperaturas significativamente más altas, generalmente por encima de 1850°F (1010°C), y además no producen el perfil condicionado eficiente logrado en la Figura 4 (es decir, reduciendo la profundidad de las incrustaciones de la superficie y produciendo la composición resultante deseada de alrededor de 18% de Cr y 8% de Ni a 2000 Å de profundidad).

20 Además, el procedimiento de inmersión convencional proporciona un sumidero químico "infinito" para aceptar continuamente productos de reacción y proporcionar reactivos químicos nuevos a un objeto metálico que se está tratando. Por ejemplo, una tira de acero inoxidable tratada en una línea de procesado sale de un baño de inmersión a una temperatura superior a la temperatura óptima para una mínima formación de óxido en exceso, lo que da como resultado inherentemente un sobrecondicionamiento y, además, cualquier retraso de tiempo entre la salida del baño de inmersión y la entrada en un recipiente de agua de templado o lavado contribuirán a un mayor tratamiento,
25 sucesos que a menudo ocurren como funciones de la geometría de la línea y las velocidades de la tira en la línea. Algunos sistemas de inmersión de la técnica anterior intentan solucionar este problema mejorando el enfriamiento radiante o forzado, por ejemplo, por medio del uso de ventiladores; sin embargo, tales esfuerzos no solo dan como resultado un enfriamiento desigual o presentan riesgos de seguridad al rociar gotitas de sal fundida sobre el metal tratado y alrededor del área inmediata, y en general son insuficientes para evitar el sobrecondicionamiento ya que el objeto metálico simplemente no se puede templar o enfriar suficientemente rápido después de llegar al tratamiento óptimo por medio de un procedimiento de inmersión, como ilustra claramente una comparación de los perfiles 42, 44, 46 y 48 de la Figura 2 a los respectivos perfiles 62, 64, 66 y 68 de la Figura 4.

30 La temperatura de tratamiento final del objeto de metal húmedo calentado depende del material objeto, del acabado y de las dimensiones, así como de las propiedades del líquido acuoso alcalino (porcentaje de contenido de agua, etc.). En general, la temperatura de tratamiento final alcanzada es el punto de fusión de las sales de tratamiento dentro de la mezcla química más un valor adicional para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido en la superficie metálica a una velocidad razonable pero no excesiva. El tiempo y el calor requeridos para efectuar el tratamiento dependen del grosor y del contenido del material de la tira a tratar, que en algunos casos puede actuar como un sumidero de calor para absorber el calor que de otra manera elevaría la temperatura de la superficie metálica y la disolución de tratamiento dispuesta sobre ella. Por ejemplo, en el caso de una disolución de sal eutéctica de NaOH/KOH útil según la presente invención, llevar la disolución a alrededor de 170°C (338°F) es suficiente para fundir la sal, pero el tratamiento satisfactorio de una superficie de tira metálica delgada requiere que la temperatura se lleve por encima de ese punto a alrededor de 232°C (450°F) y el tratamiento ocurra virtualmente de inmediato al llegar a dicha temperatura, y mientras que otro ejemplo de tira que tenga un mayor grosor se debe llevar a una temperatura más alta de alrededor de 288°C a 315°C (de 550°F a 600°F) y mantenerla allí durante unos pocos segundos para dar como resultado un tratamiento aceptable de la superficie de acero.

35 Por consiguiente, algunas realizaciones del sistema de procesado según la presente invención consideran las propiedades del material objeto, acabado y dimensión y propiedades del líquido acuoso alcalino. Otros parámetros útiles para resolver o conseguir temperaturas de tratamiento final de la superficie del objeto especificadas o deseadas, y en algunos ejemplos, para resolver los períodos de temperatura de tratamiento final, también pueden ser evidentes para una persona experta en la técnica. Más particularmente, para aplicaciones en las que los productos químicos de desincrustación en exceso pueden permanecer sobre una superficie tratada después de que se haya alcanzado una cantidad específica o deseada de tratamiento de óxido, la superficie del metal se puede llevar rápidamente por debajo de la temperatura de tratamiento final poco después de alcanzar dicha temperatura de tratamiento final, en algunas realizaciones en tres segundos o menos, previniendo de este modo el sobretratamiento mediante los reactivos restantes antes del lavado. Los ejemplos ilustrativos pero no exhaustivos de tales factores incluyen observaciones y eventos de la línea de proceso, propiedades metalúrgicas requeridas de un objeto metálico en vista de los tiempos y temperaturas en un horno de recocido (que a su vez puede dictar la velocidad de la línea), velocidades de calentamiento del objeto, tiempos de mantenimiento de la temperatura y requisitos de velocidad de línea de recocido dominantes. De este modo, las realizaciones del sistema de procesado permiten la optimización sobre la marcha en respuesta y subordinación al recocido y otros cambios de línea de funciones de línea para variar las temperaturas de calentamiento, los tiempos de retención y las composiciones de líquido acuoso alcalino y las cantidades y velocidades de aplicación, capacidades que no son posibles con un gran procedimiento convencional de inmersión en caliente.

60 Refiriéndonos ahora a los dibujos y por el presente a la Figura 5, se muestra una representación algo esquemática de un procedimiento o sistema 100 para la sección de tratamiento de incrustaciones según esta invención. El procedimiento 100 de línea tiene un desbobinador 102 adaptado para soportar y desbobinar una bobina 104 de acero para la retirada de incrustaciones formadas durante el recocido. El desbobinador 102 desbobina el acero de la

bobina 104 en forma de una tira de acero 106 que se arrastra a través de un aplicador 108 de disolución de tratamiento configurado para aplicar un revestimiento 110 delgado de un líquido acuoso alcalino según la presente invención y descrito anteriormente en las superficies superior e inferior 112 de la tira 106 de acero. En varios puntos del sistema 100, la tira no bobinada 106 se arrastra y guía mediante un conjunto de rodillos 107 convencionales de arrastre y sujeción configurados para mantener la tira 106 en la pista y mantener la tensión apropiada en la tira 106. Aunque el diagrama ilustra la línea en un plano horizontal, no es la intención limitar la configuración de la línea a un solo plano. Ciertos elementos, como el aplicador 108 de disolución, se pueden configurar 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 restricciones físicas de la línea. En algunas realizaciones, el sistema / procedimiento 100 es una línea continua de recocido y decapado, en el que el elemento 102 de desbobinado también proporciona elementos de horno de precalentamiento y recocido para calentar y/o recocer la tira de acero como apreciará una persona experta en la técnica. Aunque la Figura 5 ilustra una tira de metal 106 que se mueve en relación con una boquilla 108 de aplicación estacionaria, también se prevén otras configuraciones en las que formas metálicas distintas de la tira se pueden beneficiar de un dispositivo de aplicación móvil con relación a un objeto metálico estacionario.

Las temperaturas de la superficie de las superficies 112 de tira de acero en la aplicación del revestimiento 110 delgado del líquido acuoso alcalino mediante el aplicador 108 de disolución de tratamiento están por debajo de la temperatura de Leidenfrost del líquido acuoso alcalino, y también están por debajo del punto de fusión de hidróxidos de metal alcalino en la disolución de tratamiento. Se pueden proporcionar sensores 105/115/116 que comprenden dispositivos sensores de temperatura (por ejemplo, un sensor de temperatura infrarrojo, un termopar de contacto, etc.) configurados para medir temperaturas de la tira 106 en varios puntos del procedimiento / sistema 100 según sea necesario para verificar que se ha conseguido una temperatura deseada, de este modo en 105 antes de la aplicación de la disolución mediante el aplicador 108 de disolución de tratamiento. Las temperaturas medioambientales del ambiente generalmente están por debajo del punto de ebullición y las temperaturas de Leidenfrost, y de este modo la tira 106 de acero desbobinada mediante un desbobinador 102 sin elementos o procedimientos de horno de recocido típicamente estarán a una temperatura apropiada para la aplicación del líquido acuoso alcalino mediante el aplicador 108 de disolución de tratamiento.

Si, sin embargo, el desbobinador 102 recuece la tira 106, a continuación la tira 106 recocida se debe enfriar primero o si no enfriar para llevar las superficies 112 de la tira a una temperatura por debajo de la temperatura de Leidenfrost y del punto de fusión de los hidróxidos de metal alcalino dentro de la disolución de tratamiento antes de la aplicación mediante el aplicador 108 de disolución de tratamiento. En algunas aplicaciones, la línea de la tira 106 de acero se puede detener o, si no, debe transcurrir un período de enfriamiento hasta que las temperaturas de la superficie 112 de la tira se enfríen hasta una temperatura aceptable en la aplicación de la disolución. En otros ejemplos, el sistema / procedimiento 100 puede incorporar además una sección de temperatura de enfriamiento en 105 que incluye uno o más ventiladores de velocidad variable, compuertas de control de flujo, respiraderos o similares para enfriar las superficies 112 de la tira a una temperatura deseada como se confirmó por dicho sensor 105 de temperatura.

Establecer o conseguir la temperatura de tratamiento final también puede considerar dificultades para controlar uniformemente la temperatura de las superficies 112 de la tira metálica. Por ejemplo, cuando el componente 102 recuece la tira 106, tal como dentro de una línea continua de recocido y decapado, la tira que sale de un elemento 102 de horno de recocido o un enfriador 105 de aire colocado a continuación puede tener diferencias de temperatura entre diferentes regiones, por ejemplo, entre diferentes regiones de borde, y/o entre la superficie superior y la superficie inferior. Tales diferencias de valores pueden variar entre 100°F (38°C) y 200°F (93°C), dependiendo de las dimensiones de la tira (calibre, anchura, grosor) y la composición del metal (carbono, inoxidable, etc.). De este modo, aunque algunas regiones pueden estar a una temperatura de tratamiento final deseada, otras regiones de la tira 106 pueden estar demasiado calientes y experimentar los efectos de Leidenfrost en la aplicación, o pueden estar demasiado frías y, por lo tanto, no alcanzar la temperatura de tratamiento final en el elemento 113 calefactor y por ello experimentan un tratamiento incompleto. (Tales preocupaciones generalmente no son un problema en el baño de sal de inmersión tradicional, ya que las temperaturas elevadas de los baños de sal fundida se aplican el tiempo suficiente para dar como resultado temperaturas de tira uniformes).

Por consiguiente, en algunas realizaciones, los elementos 105 de enfriamiento enfrían las superficies 112 de la tira a un punto por debajo de la temperatura de Leidenfrost de la disolución de tratamiento y el punto de fusión de los hidróxidos de metal alcalino dentro de la disolución de tratamiento más un valor de margen de enfriamiento adicional (por ejemplo, de 100°F (38°C) a 200°F (93°C)) para asegurar que todas las regiones de la superficie 112 de la tira se lleven por encima de la temperatura de tratamiento final y del punto de fusión de los hidróxidos de metales alcalinos dentro de la disolución de tratamiento. Además, algunas secciones 113 de calentamiento calientan las superficies 112 de la tira hasta la temperatura final de tratamiento además de un valor de margen adicional de calentamiento (por ejemplo, 100 °F (38 °C) a 200 °F (93 °C) para asegurar que todas las regiones de la superficie 112 de la tira se lleven por encima de la temperatura de tratamiento final. Los márgenes de enfriamiento o calentamiento adicionales proporcionados para dar cuenta de tales diferencias regionales pueden ser pequeños o incluso omitirse para algunas tiras de acero de calibre ligero, ya que sus diferencias regionales pueden ser pequeñas o insignificantes, y en un aspecto debido a las menores características de disipación de calor y retención de calor para tiras de calibre más ligero.

La formación del revestimiento 111 líquido alcalino delgado mediante el aplicador 108 de disolución de tratamiento se puede conseguir de varias maneras, es decir, por medio de cualquier método o sistema que forme un revestimiento uniforme o el humedecimiento completo de las superficies 112 de la tira con la disolución 110 de tratamiento. Los ejemplos ilustrativos, pero no exhaustivos, de los elementos y aparatos del aplicador 108 de disolución de tratamiento incluyen el rodillo dunker o los revestidores 109 de rodillo / rodillo, así como las boquillas de pulverización, revestidores y aplicadores de cortina, métodos y sistemas de inmersión o combinaciones de los mismos. Se pueden utilizar artículos de medida o control de flujo de la disolución, pero generalmente no se requieren, y un aplicador 108 de disolución de tratamiento puede necesitar solo incorporar medios simples de limitación de la aplicación que aseguren el humedecimiento completo de las superficies 112 de la tira hasta una cantidad 111 de grosor máximo específico; por ejemplo, se puede proporcionar una cuchilla de aire o un rodillo limpiador para retirar el exceso de disolución 110 de tratamiento y efectuar los valores 111 de grosor de disolución mínimos y/o máximos especificados, retirando y recuperando el exceso de disolución para su subsecuente reutilización. La persona experta en la técnica también apreciará otros métodos y sistemas apropiados para su uso para asegurar valores 111 de grosor total apropiados y/o limitados de la disolución 110 de tratamiento aplicada a las superficies 112 de la tira.

La tira 106 revestida se introduce a continuación en una sección 113 de calentamiento en la que las superficies 112 revestidas de la tira se llevan a una temperatura de tratamiento final específica o un intervalo de temperatura por encima del punto de fusión de la disolución de hidróxido (s) de metal alcalino en forma anhídrica más un valor adicional para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido en la superficie del metal a una velocidad razonable pero no excesiva. La temperatura de tratamiento final especificada se debe mantener solo durante el tiempo suficiente para tratar completamente las incrustaciones de óxido atacadas, en algunas realizaciones durante no más o no menos de un período de tiempo especificado como se describe anteriormente, y en el que al final de dicho período la temperatura de la tira calentada se puede reducir por debajo de la temperatura o intervalo de temperaturas de tratamiento enfriando o templando en una sección 114 de enfriamiento/lavado, que también puede en general retirar por lavado cualquier exceso de productos alcalinos de disolución de tratamiento no consumidos.

Como también se describió anteriormente, las temperaturas/intervalos finales y los períodos de tiempo especificados se seleccionan para producir un tratamiento de incrustaciones preferido de la tira 106, y más específicamente para ser suficiente en temperatura y tiempo para completar el tratamiento de incrustaciones de las superficies 112 de la tira, sin embargo limitado en uno o ambos valores de periodo de tiempo y alta temperatura para prevenir el sobretratamiento de las superficies 112 de la tira. En algunas realizaciones, el nivel de tratamiento deseado es un nivel específico de tratamiento de mínimo óxido a decapante y mínimo nivel de efecto de metal base seleccionado como función del material de la tira y los parámetros dimensionales, minimizando por ello el grosor y la extensión de la formación de incrustaciones de óxido mientras se trata con éxito la superficie de acero.

Se cree que el mecanismo de tratamiento según la presente invención es generalmente comparable al de los baños de oxidación fundidos convencionales; el óxido metálico se convierte a un estado de oxidación superior que se disuelve parcialmente en las sales de tratamiento y subsecuente lavado con agua, el resto se hace más fácilmente retirable por decapado con ácido. Sin embargo, el tratamiento de la superficie metálica en la presente invención ocurre cuando la superficie metálica cuando está completamente húmeda con la disolución se calienta a continuación hasta que el agua se evapora y las sales se funden y reaccionan con el óxido en la superficie de la tira, lo que ocurre rápidamente, a menudo en segundos. El procedimiento de tratamiento se termina lavando y, por ello, enfriando o templando la tira 106 en la estación 114 de lavado al final de un período de tiempo de tratamiento especificado (es decir, después de que ocurra un tratamiento efectivo y antes de que ocurra una formación excesiva de óxido por los reactivos residuales restantes) para reducir la temperatura de la superficie 112 de la tira por debajo de las temperaturas de tratamiento y también lavar la disolución 110 de tratamiento de las superficies 112 de la tira, por ejemplo, por medio de una serie de boquillas de pulverización de agua (no mostradas) a las que se suministra agua a veces por medio del uso de una bomba de un colector de recogida situado debajo de un área 114 de rociado, y además otros sistemas y métodos de la estación 114 de lavado serán apreciados por una persona experta en la técnica. Los elementos 115 de enfriamiento / detección de temperatura interpuestos entre la sección 113 de calentamiento y la sección 114 de lavado pueden garantizar que las temperaturas de la superficie 112 de la tira se templen por debajo de las temperaturas de tratamiento.

Después de la estación 114 de lavado, la tira 118 tratada se puede conducir a una sección 120 de decapado con ácido. Al minimizar el grado de formación de óxido, la presente invención reduce correspondientemente la cantidad de decapado subsecuente de la superficie requerida, lo que de este modo puede reducir los procedimientos de decapado asociados así como reducir el deslustrado y la rugosidad de la superficie debido al decapado en relación con los procedimientos de la técnica anterior. En contraste, los procedimientos de baño de inmersión de la técnica anterior que usan baños de oxidación fundidos pueden sobretratar las incrustaciones en una tira y formar una capa cohesiva interfacial de óxido de hierro y metal base y una zona subyacente empobrecida en cromo, lo que requiere de este modo un decapado más agresivo y aumenta tanto los costes de decapado como la rugosidad de la superficie decapada reduciendo al mismo tiempo el rendimiento de producto debido a la retirada incrementada de metal.

El decapado con ácido en el procedimiento 100 en 120 usualmente incluye uno o más depósitos de ácido que contienen ácido sulfúrico y/o una mezcla de ácidos nítrico, fluorhídrico u otros para la inmersión de la tira 106,

aunque también se podría usar la pulverización de ácido. En algunas realizaciones, se utilizan decapantes de ácido múltiple, y uno o más de tales depósitos de decapante se pueden usar según se requiera en cualquier tira 110 de acero inoxidable dada, dependiendo de muchos factores, que incluyen la composición del acero, el grosor del óxido y otros factores conocidos en la técnica. Las nuevas composiciones de decapado que incorporan ácidos orgánicos tales como ácido cítrico, o mezclas de ácidos más atractivos para el medio ambiente que incorporan agentes oxidantes tales como peróxidos, también experimentarían un rendimiento mejorado si se usaran junto con esta invención. Una vez completado el procedimiento de retirada de incrustaciones después del decapado y lavado, la tira 122 sin incrustaciones está lista para ser rebobinada en forma de bobina 124 de acero acabada en un rebobinador 126.

Se proporcionan generalmente analizadores de superficie dentro del sistema/proceso 100, por ejemplo, dentro o adyacente a la estación 114 de lavado, los elementos 105/115/116 de enfriamiento/detección de temperatura, dentro de la sección 120 de decapado, etc., dichos analizadores de superficie configurados para monitorizar las superficies 112 de la tira para detectar y/o determinar la cantidad de incrustaciones formada en la superficie de la tira a tratar, una falta de tratamiento o sobretratamiento de la tira tratada, etc., y proporcionar de otro modo retroalimentación y monitorización del rendimiento de tratamiento del sistema/procedimiento 100 a uno o más componentes operativos dinámicos de la línea, sistemas u otros elementos 128 de gestión. El componente 128 del sistema dinámico de la línea también se puede comunicar con varios elementos de enfriamiento/detección de temperatura proporcionados en todo el sistema/procedimiento 100 (por ejemplo, en los elementos 105/115/116 de enfriamiento/detección de temperatura, el aplicador 108 de disolución de tratamiento, la sección de calentamiento 113, la estación 114 de lavado y/o la sección 120 de decapado con ácido sección, etc.), garantizando por ello las temperaturas especificadas de la tira durante la aplicación de la disolución de tratamiento, las operaciones de tratamiento, lavado y decapado, así como también para permitir la optimización del rendimiento del sistema 100 en respuesta a dichas observaciones de temperatura. Las entradas al sistema 128 operativo de dinámica de línea también pueden incluir las presentes condiciones del sistema, tales como temperaturas ambiente, los sensores de nivel del depósito de almacenamiento de la disolución de tratamiento, los controladores de flujo y los sensores de distribución y los sensores de temperatura del depósito de almacenamiento. En algunas realizaciones, se observan concentraciones de cromo en el agua de lavado en la estación 114 de lavado, proporcionando por ello una medida directa del cromo retirado de las incrustaciones al componente 128 del sistema dinámico de línea u otro operador, y se apreciarán otras entradas por una persona experta en la técnica.

El sistema 128 operativo de dinámica de línea puede recibir variables de la tira, tales como la composición del material de la tira, el calibre, la anchura y cualquier otra información de procesamiento especial como se discutió anteriormente y aquí en cualquier otro lugar y a continuación determinar correspondientemente las temperaturas de tratamiento y los períodos de tiempo especificados, o para controlar de otro modo un programa de tratamiento u otros parámetros 100 del sistema para la tira 106 particular de acero que se está tratando. En algunas realizaciones, el sistema 128 operativo de dinámica de línea incluye un ordenador en comunicación con una memoria en la que se almacena el tiempo, la temperatura y otros parámetros necesarios para tratar cada uno de una pluralidad de tipos de acero, y además se basa en la composición, el calibre, la anchura, dinámicas de línea, etc.

Dichos elementos del analizador de superficie pueden monitorizar continuamente la condición de la tira 106 y si la condición de la superficie 112 de la tira cae fuera de los parámetros predeterminados, el sistema 128 operativo de dinámica de línea puede ajustar los parámetros del sistema / proceso 100 para devolver las condiciones de la superficie monitorizada dentro de los umbrales de rendimiento requeridos. Los parámetros ilustrativos pero no exhaustivos que pueden ser controlados por el sistema 128 operativo de dinámica de línea incluyen una cantidad de energía o calor gastada y dirigida hacia la tira 106, o el aumento del incremento de temperatura efectuado por, el elemento 102 de desbobinado / recocido / precalentamiento y la sección 113 de calentamiento; la velocidad motriz de la tira 106 en relación con cualquiera de los elementos 108/113/115/114/116/120 del sistema; la cantidad de aire de refrigeración, la temperatura o la cantidad de incremento de temperatura efectuada por los elementos de refrigeración en 114, 115 o 116; y otros parámetros del sistema 100 pueden ser controlados por el sistema 128 operativo de dinámica de línea.

La presente invención permite la optimización del tratamiento de incrustaciones sobre la marcha variando una o más de (1) temperaturas o intervalos de temperatura de tratamiento terminales, (2) componentes de composición química, (3) cantidades de reactantes utilizados (por ejemplo, cantidades de productos químicos aplicados a las incrustaciones en la superficie de la tira 106 en 108) y (4) períodos de tiempo o intervalos de reacción (por ejemplo, enfriando de manera variable la tira en un punto deseado para desactivar una reacción de tratamiento). Los procedimientos de inmersión en baño de sal de la técnica anterior no pueden alcanzar tales objetivos debido a la inercia térmica de la gran masa de sal en los baños de sal, los tiempos de exposición a los productos químicos dependientes de la velocidad de la línea y la composición química estática de dichos baños.

Las cantidades óptimas de tratamiento de incrustaciones también se pueden definir con respecto a las especificaciones u observaciones de la condición de mínimo óxido a decapante para un material de objeto metálico y parámetros de dimensión dados, así como con respecto a los efectos mínimos de metal base. En un aspecto, la apariencia y el coste de producir una superficie decapada final en 120 puede proporcionar una medida del valor del cambio de variables de tratamiento de incrustaciones en cualquiera de los diversos elementos 100 del procedimiento/sistema. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el tratamiento óptimo puede comprender determinar

que no se ha formado óxido de cromo y solo cantidades mínimas o trazas de óxido de hierro en una superficie de tira de acero inoxidable 3XX o 304, en la que observar una formación de un óxido de hierro más pesado u óxido de níquel indicaría que una sal de tratamiento en una disolución aplicada a 108 ha permanecido en contacto con la superficie de la tira durante mucho tiempo o a una temperatura de tratamiento demasiado alta. El período de tiempo de tratamiento se podría acortar a continuación mediante un lavado o templado más tempranos en 114, o la extensión y/o la velocidad de tratamiento se podrían reducir disminuyendo las temperaturas de tratamiento de la tira conseguidas en 113, en un aspecto previniendo por ello el deslustrado de la superficie de la tira y reduciendo la cantidad de decapado requerida en 120 para conseguir una superficie acabada. Dependiendo de la aleación específica que se está procesando y de su reactividad única de composición de incrustaciones, también es concebible que la composición química aplicada a las incrustaciones para propósitos de tratamiento se ajuste para proporcionar más o menos reactividad del óxido junto con o independientemente de controlar la temperatura y el tiempo de tratamiento.

En general, el tratamiento se produce más rápidamente en tiras metálicas con buenas condiciones de superficie compacta y calibres más delgados, y la extensión del tratamiento se puede ajustar con mayor tolerancia o precisión mediante el ajuste de los parámetros de tiempo y temperatura en relación con objetos metálicos más mates y aquellos con los materiales de tira más pesados, los procedimientos y sistemas según la presente invención, proporcionan de este modo oportunidades de ahorro de energía y mejores rendimientos y eficiencias en el tratamiento de dichos objetos de calibre más delgado / buena superficie compacta sobre los sistemas de inmersión de la técnica anterior. El sistema de desincrustación también puede reaccionar a la absorción y emisividad variables de las superficies metálicas brillantes frente a las mate.

Al mantener las temperaturas de la superficie de la bobina o tira de acero por debajo del punto de ebullición y la temperatura de Leidenfrost o punto de Leidenfrost de la disolución de tratamiento durante la aplicación de dicha solución, se evitan problemas con respecto al efecto Leidenfrost. El "efecto Leidenfrost" con respecto a una tira metálica es un aspecto superficial moteado o vetado de la tira que revela parches, o manchas de tratamiento de incrustaciones incompleto, y que se cree que ocurre debido al efecto Leidenfrost en una disolución acuosa de productos químicos si la temperatura de la superficie de una tira durante la aplicación está por encima de lo que se conoce como la temperatura de Leidenfrost o punto de Leidenfrost de la disolución de tratamiento. Si la tira está por encima de la temperatura de Leidenfrost de la disolución de tratamiento cuando se aplica la disolución de tratamiento (que típicamente es igual o superior al punto de ebullición de la disolución acuosa de tratamiento), entonces una película delgada de la disolución se convierte en una barrera de fase de vapor entre la superficie de la tira metálica y la disolución aplicada, esta barrera de fase vapor evita que la disolución de tratamiento haga contacto con la superficie de la tira y deposite productos químicos de tratamiento sobre la superficie del metal al evaporarse el líquido, lo que da como resultado un fallo para tratar partes de la superficie y, por ello, produce un aspecto moteado debido al contraste entre áreas tratadas y no tratadas. De este modo, como se usa aquí, la expresión "una temperatura por debajo de la cual aparece el efecto Leidenfrost" se refiere a una temperatura a la cual no existen incrustaciones apreciables en forma de manchas oscuras después del tratamiento de incrustaciones según esta invención y el subsecuente decapado. El efecto Leidenfrost es bien conocido y está descrito en muchas publicaciones. Al lector interesado se le remite a la Patente de EE.UU. No. 6450183 otorgada a Cole, et al. "Composition, apparatus and method of conditioning scale on a metal surface" el 17 de septiembre de 2002, así como a otras dos publicaciones: "Disk Model of the Dynamic Leidenfrost Phenomenon" (Martin Rein at DFD96 meeting of American Physical Society) y "Miracle Mongers and Their Methods" (páginas 122-124 por Harry Houdini, publicado en 1920 por E.P. Dutton).

Algunas realizaciones de la presente invención evitan el efecto Leidenfrost humedeciendo primero por completo la superficie de la tira a desincrustar con una disolución acuosa de tratamiento de hidróxido (s) de metal alcalino para formar una capa de humedecimiento cuando las temperaturas de la superficie del metal están a una temperatura por debajo de la temperatura de Leidenfrost de la disolución de tratamiento, y el punto de fusión de los hidróxidos de metal alcalino dentro de la disolución de tratamiento, y a continuación subsecuentemente calentar y aumentar la disolución de la capa de humedecimiento (por ejemplo, 111) y las temperaturas superficiales de la superficie de la tira (por ejemplo, 112) a una temperatura por encima del punto de fusión de la forma esencialmente anhídrica del material de hidróxido de metal alcalino en la disolución de tratamiento más el valor adicional descrito anteriormente para alcanzar la temperatura de tratamiento final durante un tiempo suficiente para tratar por ello la superficie de la tira de metal (por ejemplo, 112). Como se usa aquí, la expresión "forma esencialmente anhídrica del material" quiere decir después de que el agua de la disolución se evapora, aunque puede haber algo de agua de hidratación todavía presente en el material. De esta manera, se evita la formación de las barreras de vapor que se sabe causan el efecto Leidenfrost y, de este modo, se evita el efecto Leidenfrost sobre la superficie de las superficies de tira tratada (por ejemplo, 118/122).

Los puntos de temperatura de ebullición y de Leidenfrost de una disolución acuosa de tratamiento cáustico son una función de la concentración cáustica. Por ejemplo, para tratar disoluciones con bajas concentraciones de hidróxido alcalino (40% en peso o menos), y en las que la aplicación se desea a temperaturas de la superficie por debajo de los puntos de temperatura de ebullición y de Leidenfrost, las temperaturas de la superficie 112 de la tira de acero o de la bobina 104 en la aplicación de la disolución de tratamiento no deben exceder de alrededor de 180°F (82°C) a alrededor de 260°F (127°C), aunque para disoluciones con concentraciones más altas (47% o más altas) de hidróxido alcalino, la superficie 112 de la tira de acero o la bobina 104 puede estar a temperaturas más altas durante

la aplicación, llegando o incluso excediendo de 290°F (143°C).

Se pueden lograr ahorros de energía adicionales aplicando la disolución acuosa de tratamiento cáustico mientras una bobina o tira de acero está a temperaturas elevadas más altas, pero aún por debajo de la temperatura de Leidenfrost de la disolución de tratamiento y del punto de fusión de hidróxidos de metal alcalino dentro de la disolución de tratamiento. Si una temperatura de aplicación de 400°F (204°C) está por encima del punto de ebullición y del punto de fusión de la sal de una disolución de tratamiento, se requiere un incremento de calor relativamente menor en un horno o estación 113 de calentamiento para llegar a una temperatura de tratamiento final que varía de 550°F (288°C) o 600°F (316°C)). De este modo, se consume menos energía térmica en un horno o estación 113 de calentamiento y/o en períodos de tiempo más cortos, en relación a los requisitos para gastos de energía térmica cuando se selecciona una temperatura de aplicación más baja (por ejemplo, una por debajo del punto de ebullición y/o del punto de fusión de la sal).

Se pueden usar diferentes composiciones para efectuar la desincrustación, por ejemplo, un eutéctico de hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH) a alrededor de 42% de hidróxido de sodio y alrededor de 58% de hidróxido de potasio de una composición base de hidróxido alcalino. Esta es una composición de bajo punto de fusión en su condición esencialmente anhidra (170°C, 338°F), y cuando el agua de la disolución acuosa se evapora y el hidróxido restante se funde, es efectivo realizar el tratamiento de incrustaciones. También se pueden añadir otros materiales a la disolución para modificar las propiedades de la disolución o la composición, y para ejemplos y otra información la comúnmente asignada patente de EE.UU. No. 6450183 otorgada a Cole, et al. el 17 de septiembre de 2002 y titulada "Composition, apparatus, and method of conditioning scale on a metal Surface", y que proporciona aditivos tales como carbonato de potasio, clorato de potasio, nitrato de sodio, permanganato de sodio y permanganato de potasio son beneficiosos, por ejemplo, a de alrededor de uno por ciento (1%) a alrededor de cinco por ciento en peso (5%).

El rendimiento y los costes de desincrustación están directamente relacionados con los porcentajes de composiciones base de hidróxido alcalino dentro de las disoluciones de tratamiento según la presente invención. Aunque el tratamiento de incrustaciones se puede conseguir generalmente en un amplio intervalo de concentraciones de hidróxido alcalino (por ejemplo, de alrededor de 5% a alrededor de 65% en peso), diferentes valores porcentuales tienen diferentes impactos en el rendimiento del sistema. Los porcentajes de hidróxido alcalino menores / más diluido (de alrededor de 5% a menos de alrededor de 20%) tienen una tensión superficial proporcionalmente más baja y mejores características de humedecimiento de la superficie en relación con concentraciones más altas, pero también imponen costes de energía de calentamiento proporcionalmente mayores para calentar y evaporar las proporcionalmente mayores cantidades de agua en la disolución para efectuar el tratamiento de incrustaciones mediante el (los) hidróxido (s) fundido (s); también requieren que la temperatura de la tira entrante sea más baja para evitar Leidenfrost (u opcionalmente, también el punto de ebullición) de la disolución más diluida. Las disoluciones de mayor concentración (de alrededor de 20% a menos de alrededor de 50%) parecen encontrar un buen equilibrio entre suministrar un contenido razonable de sólidos disueltos y aceptables requisitos de energía. La patente de EE.UU. No. 6450183 proporciona además que a medida que aumenta la concentración de la sal en la disolución, la temperatura superior que se puede usar sin encontrar efecto Leidenfrost se incrementa, por ejemplo, a alrededor de 371°C (700°F). Por ejemplo, una disolución al 47% dispuesta sobre una superficie metálica y a continuación calentada requiere dos unidades térmicas británicas (BTU's) de energía por gramo húmedo aplicado para calentar la disolución lo suficiente como para llevar el (los) hidróxido (s) alcalino (s) contenido (s) a un estado fundido o fundido sobre la superficie del metal. Aunque no es insignificante, el requisito de entrada de calor para deshidratar y fundir el producto químico aplicado representa solo alrededor del 10% de la energía térmica total requerida por el procedimiento; el otro 90% más o menos de la energía es absorbido por el propio metal a medida que su temperatura se eleva desde esencialmente la temperatura ambiente hasta alrededor de 315,5°C 600°F (por ejemplo, de la sección 113 de calentamiento).

Aunque inicialmente puede parecer que es preferible usar concentraciones cáusticas más altas dentro de la disolución de tratamiento (por ejemplo, 48% o más), las disoluciones de tratamiento de concentración de hidróxido alcalino superior presentan otros problemas y dificultades. A concentraciones muy por encima del 47 por ciento en peso, la sobresaturación y la cristalización de algunos de los productos químicos disueltos se produce a temperatura ambiente. Esto requiere que la mezcla, el transporte, los depósitos de retención y los aparatos de aplicación se calienten para mantener disoluciones homogéneas. Además de presentar mayores dificultades de fabricación, transporte, almacenamiento y suministro y costes asociados, la mayor concentración de sólidos en tales disoluciones presenta problemas para conseguir el humedecimiento completo de las superficies de acero en relación con las disoluciones de menor concentración. Las tensiones superficiales más altas hacen el revestimiento y el humedecimiento de la superficie incompleto de la superficie del metal a tratar, en particular durante la deshidratación y la fusión del hidróxido alcalino durante el calentamiento (por ejemplo, mediante la sección 113 de calentamiento), lo que puede provocar un tratamiento incompleto de incrustaciones. Las características de humedecimiento y fluidez también son una función de los atributos de la superficie del metal, y estos problemas son más pronunciados en el tratamiento de los acabados lisos y de espejo de las tiras de acero inoxidable y de superaleación más caras. Cualquier área que esté mal tratada no será completamente decapada (por ejemplo, por la sección 120 de decapado con ácido), e incluso un fallo de 0.01% en el tratamiento de la superficie del área total puede ser inaceptable, particularmente en el caso del acero inoxidable. Con el fin de facilitar el uso de disoluciones cáusticas de mayor concentración, por ejemplo, las de alrededor de 25% a casi 50%, como se discutió anteriormente, en algunas

realizaciones de la presente invención una composición base de hidróxido alcalino de alrededor de 42% de hidróxido de sodio y alrededor de 58% de hidróxido de potasio incorpora una pequeña cantidad de tensioactivo en la disolución, lo que reduce la tensión superficial de la disolución causada por la presencia de porcentajes de sólidos cáusticos disueltos relativamente más altos en la disolución, mientras que también permite que la disolución de tratamiento muestre características bajas de espuma.

En otro aspecto, el tratamiento de incrustaciones según la presente invención tiene lugar en presencia de oxidantes, generalmente en una atmósfera que contiene oxígeno. Aunque el líquido acuoso alcalino no necesita contener ningún agente oxidante, la película 111 delgada tendrá un efecto oxidante en los óxidos de la superficie y, por ello, los convertirá al estado de oxidación más alto deseado debido a la absorción de oxígeno atmosférico por la disolución de humedecimiento y/o la difusión de oxígeno atmosférico a través de la película 111 de sal fundida, y en la que la sección 113 de calentamiento calienta la tira humedecida en una atmósfera que contiene oxígeno. En un ejemplo, la superficie de un panel de 10.16 centímetros (4 pulgadas) x 15.24 centímetros (6 pulgadas) de calibre de tipo 304 de 0.635 milímetros (0.025 pulgadas) de acero inoxidable de tipo 304 recocido (18/8 cromo-níquel) se humedeció con una disolución de líquido acuoso alcalino que comprende un tensioactivo y una composición base de hidróxido alcalino que comprende un eutéctico de alrededor de 42% de hidróxido de sodio (NaOH) y alrededor de 58% de hidróxido de potasio (KOH) y se calienta en un horno en una atmósfera de aire ambiente que contiene oxígeno a alrededor de 399°C (700°F) durante alrededor de 90 segundos, llevando la temperatura de la superficie del acero humedecido a una temperatura de tratamiento final de alrededor de 232°C (450°F). Al enfriar el panel, un examen visual reveló que se había producido una conversión de incrustación pronunciada y, después de un subsecuente lavado con agua, se observó una superficie bien tratada. El decapado del panel después del lavado con agua confirmó la evaluación visual del éxito.

Una persona experta en la técnica también debe apreciar las reacciones potencialmente competitivas entre los hidróxidos alcalinos y el oxígeno atmosférico para completar una reacción de desincrustación deseada con la reacción de neutralización simultánea entre el dióxido de carbono atmosférico y los álcalis cáusticos para formar carbonatos alcalinos ineficaces. Si la velocidad de calentamiento es lenta y/o la atmósfera a la que está expuesto el metal revestido es alta en dióxido de carbono (como sería el caso en un horno calentado con un combustible a base de carbono como el gas natural o el propano para producir dióxido de carbono como producto de la combustión), la reacción de tratamiento de incrustaciones deseada podría ser retrasada o prevenida completamente.

Un beneficio de la presente invención es la capacidad de utilizar composiciones de tratamiento que no se pueden usar efectivamente en baños de sales fundidas anhidras convencionales porque la masa de material que rodea la superficie previene la difusión de oxígeno atmosférico. La disolución también puede utilizar aditivos que pueden ser inestables a las temperaturas típicas del baño de sales fundidas anhidras. Además, esta invención elimina la presencia de productos de reacción en la sal aplicada y de este modo permite el control completo de la química de la sal en la superficie metálica. Además, con respecto a las realizaciones de humedecimiento superficial directo de la presente invención, la cantidad de sal consumida se puede controlar hasta una cantidad específica, en contraste con los sistemas de inmersión, en los que el consumo de sal depende en gran medida de la cantidad de sal que se adhiere a la superficie del metal a medida que se retira del baño fundido. Además, como en algunos casos puede ser deseable usar una química de sal diferente cuando se tratan diferentes metales, el cambio de disoluciones se consigue fácilmente, sin necesidad de calentar grandes baños de cada disolución. La tecnología de inmersión convencional requiere un baño o depósito de sal fundida que contiene decenas de miles de libras de producto químico líquido caliente. Las sales fundidas en general son excelentes medios de almacenamiento de calor y requieren un tiempo significativo (varias horas o más) para enfriar o elevar su temperatura. Esto limita severamente la capacidad de cambiar la temperatura del procedimiento "sobre la marcha" y evita que sea factible la optimización de desincrustación en tiempo real. Teniendo en cuenta las variables de proceso ahora disponibles de composiciones químicas variables, las velocidades de aplicación, los tiempos de reacción y las temperaturas de reacción, ahora es posible por primera vez optimizar completamente el rendimiento de desincrustación preciso de forma dinámica.

Cabe señalar que aunque las realizaciones discutidas hasta ahora usan cationes de sodio o potasio dentro de la disolución de tratamiento líquida acuosa alcalina, las disoluciones alternativas pueden utilizar diferentes cationes, y los parámetros y efectos de desincrustación asociados dependen principalmente del anión particular presente. Las composiciones de disolución de tratamiento alternativas pueden funcionar tan efectivamente con un catión como con otro si otros factores, tales como la solubilidad y la compatibilidad, son iguales. Por ejemplo, el nitrato de sodio o el nitrato de potasio también pueden ser efectivos en disoluciones de tratamiento según la presente invención, y pueden dar resultados comparables en general, aunque típicamente mucho menos solubles en una composición de base y de este modo quizás requieran diferentes concentraciones relativas de catión y/o tensioactivo. Otros ejemplos proporcionados por la Patente de EE.UU. No. 6450183 incluyen bisulfato de sodio, carbonato de sodio, carbonato de potasio, formiato de sodio, metasilicato de sodio, nitrito de sodio, pirofosfato ácido de sodio y fosfato de monosodio. En algunos casos, la selección de un catión de un aditivo o compuesto cáustico utilizado puede ser dictada por la disponibilidad. También se señala que el uso de un tensioactivo depende de la compatibilidad con los aditivos de la disolución o los cationes básicos: por ejemplo, los tensioactivos pueden ser incompatibles con los compuestos de permanganato y de este modo excluidos de tales realizaciones.

El rendimiento de los compuestos alternativos usados como únicos agentes desincrustantes puede ser fácil de juzgar visualmente, en el que la ineficiencia del tratamiento se puede confirmar mediante un decapado subsecuente,

- 5 después de lo cual unas incrustaciones originales estarían presentes en forma inalterada. Los criterios de evaluación para seleccionar las disoluciones de tratamiento apropiadas y el tiempo y las temperaturas especificadas pueden incluir la aparición de óxido tratado con respecto, por ejemplo, al color, la opacidad y la uniformidad; la facilidad de retirada del óxido tratado mediante lavado, limpieza o subsecuente decapado con ácido, y el aspecto final de una superficie metálica desincrustada, por ejemplo, con respecto al color, brillo, uniformidad y ausencia de óxido residual. Se debe entender que estos diversos criterios pueden variar independientemente en grado y dirección unos de otros, de modo que existe un cierto elemento subjetivo para la asignación cuantitativa de efectos perjudiciales o beneficiosos de cualquier agente o aditivo desincrustante.
- 10 Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de las realizaciones de la misma, y aunque estas realizaciones se han descrito con un detalle considerable, se les pueden ocurrir fácilmente ventajas y modificaciones adicionales a las personas expertas en la técnica. Por lo tanto, la invención, en sus aspectos más amplios, no está limitada a los detalles específicos, el aparato representativo o los ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. En consecuencia, se pueden realizar desviaciones de tales detalles sin apartarse del concepto inventivo general de los solicitantes.
- 15 Las unidades que se usan en esta memoria descriptiva y que no son según el sistema métrico se pueden convertir al sistema métrico con la ayuda de las siguientes fórmulas: $1^{\circ}\text{C.} = (\text{^{\circ}\text{F}}-32) 5/9$; $1 \text{ pulgada} = 2.54 \times 10^{-2} \text{ m}$; y $1 \text{ F.p.m. (pie por minuto)} = 5.08 \times 10^{-3} \text{ m/s}$.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para tratar incrustaciones de óxido en la superficie de un objeto metálico, comprendiendo el sistema:

5 un aparato (105) de control de temperatura configurado para controlar la temperatura de la superficie (112) del objeto (106) metálico a una temperatura de aplicación por debajo del punto de temperatura de Leidenfrost y del punto de fusión de una mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhídrico dentro de una disolución acuosa de tratamiento, comprendiendo la superficie del objeto metálico unas incrustaciones de óxido que tienen una profundidad inicial desde la superficie del objeto metálico;

10 un aparato (108) de aplicación configurado para humedecer la superficie del objeto metálico a la temperatura controlada con una capa (111) delgada de la disolución acuosa de tratamiento, atacando la capa delgada de disolución acuosa de tratamiento a las incrustaciones de óxido;

15 un aparato (113) de calentamiento configurado para calentar la superficie del objeto metálico humedecido hasta una temperatura de tratamiento final que está por encima del punto de fusión de la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhídrico por un valor adicional seleccionado de un intervalo de cero a 200°F (94°C) para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido en la superficie metálica a una velocidad razonable pero no excesiva, la superficie del objeto metálico humedecida calentada a una temperatura final de tratamiento evaporando agua en la disolución acuosa de tratamiento y fundiendo la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhídrico sobre la superficie del objeto metálico, reaccionando la mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido con las incrustaciones de óxido atacadas y reduciendo las incrustaciones de óxido hasta una profundidad tratada de la superficie del objeto metálico que es menos que la profundidad inicial; y

20 un aparato (114) de enfriamiento configurado para enfriar la superficie del objeto metálico hasta una temperatura por debajo de la temperatura de tratamiento final en un extremo del periodo de tiempo de tratamiento que se selecciona para terminar el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico más allá de la profundidad tratada como una función de un parámetro del material y un parámetro dimensional del objeto metálico; previniendo la terminación una creación de unas incrustaciones de óxido adicionales más allá de la profundidad tratada desde la superficie del objeto metálico;

25 caracterizado por el hecho de que la temperatura de tratamiento final y el periodo de tiempo de tratamiento se seleccionan para producir una extensión especificada del tratamiento de las incrustaciones en la superficie del objeto metálico;

30 y por el hecho de que la disolución acuosa de tratamiento comprende:

una mezcla eutéctica de hidróxidos de sodio y potasio al 30% en peso;

3% en peso de nitrato de sodio;

67% en peso de agua; y

a la que se añade menos de 1% en peso de por lo menos un tensioactivo no iónico.

35 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el sistema está configurado para terminar el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico más allá de la profundidad tratada mediante el aparato de aplicación que aplica la capa delgada de disolución acuosa de tratamiento en una cantidad en la que la reacción de la mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido con las incrustaciones de óxido atacadas consume suficiente de la mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido en la capa delgada sobre la superficie del objeto metálico para prevenir el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico, previniendo la terminación una creación de unas incrustaciones de óxido adicionales más allá de la profundidad tratada de la superficie del objeto metálico.

40 3. El sistema de la reivindicación 2, en el que la temperatura de tratamiento final se selecciona para producir una extensión especificada del tratamiento de las incrustaciones en la superficie del objeto metálico.

45 4. El sistema de la reivindicación 3, en el que el valor adicional para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido se selecciona de un intervalo de cero a 94°C (200°F) por encima del punto de fusión de la sal de la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhídrico.

5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla eutéctica comprende 18% en peso de hidróxido de potasio y 12% en peso de hidróxido de sodio.

50 6. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura final de tratamiento es un incremento sobre la temperatura de aplicación que varía de 65°C (150°F) a 94°C (200°F) por encima del punto de fusión de la sal de la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhídrico.

7. Un método para tratar incrustaciones de óxido en la superficie de un objeto metálico, que comprende:

controlar una temperatura de una superficie de un objeto metálico a una temperatura de aplicación por debajo del punto de temperatura de Leidenfrost y del punto de fusión de una mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhidro dentro de una disolución acuosa de tratamiento, comprendiendo la superficie del objeto metálico unas incrustaciones de óxido que tienen una profundidad inicial desde la superficie del objeto metálico;

5 humedecer la superficie del objeto metálico a la temperatura controlada con una capa delgada de la disolución acuosa de tratamiento; atacando la capa delgada de disolución acuosa de tratamiento a las incrustaciones de óxido;

calentar la superficie del objeto metálico humedecido hasta una temperatura de tratamiento final que está por encima del punto de fusión de la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhidro por un valor adicional seleccionado de un intervalo de cero a 94°C (200°F) para efectuar el tratamiento de las incrustaciones de óxido en la superficie metálica a una velocidad razonable pero no excesiva y producir una extensión especificada de tratamiento de las incrustaciones en la superficie del objeto metálico, evaporando por ello agua en la disolución acuosa de tratamiento y fundiendo la mezcla de hidróxido de metal alcalino esencialmente anhidro sobre la superficie del objeto metálico a la temperatura de tratamiento final y provocando que la mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido reaccione con las incrustaciones de óxido atacadas y reducir las incrustaciones de óxido a una profundidad tratada de la superficie del objeto metálico que es menor que la profundidad inicial; y

terminar el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico más allá de la profundidad tratada enfriando la superficie del objeto metálico a una temperatura por debajo de la temperatura de tratamiento final en un extremo de un periodo de tiempo de tratamiento seleccionado como una función de un parámetro del material y un parámetro dimensional del objeto metálico para producir la extensión especificada de tratamiento de las incrustaciones en la superficie del objeto metálico a la temperatura de tratamiento final, previniendo la terminación una creación de unas incrustaciones de óxido adicionales más allá de la profundidad tratada de la superficie del objeto metálico; y

caracterizado por el hecho de que la disolución acuosa de tratamiento comprende:

una mezcla eutéctica de hidróxidos de sodio y potasio al 30% en peso;

3% en peso de nitrato de sodio;

25 67% en peso de agua; y

a la que se añade menos de 1% en peso de por lo menos un tensioactivo aniónico.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la reacción de la mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido con las incrustaciones de óxido atacadas consume suficiente mezcla de hidróxido de metal alcalino fundido en la capa delgada de la disolución acuosa de tratamiento en la superficie del objeto metálico para terminar el tratamiento adicional de la superficie del objeto metálico más allá de la profundidad tratada y previene una creación de unas incrustaciones de óxido adicionales más allá de la profundidad tratada de la superficie del objeto metálico.

9. El método de la reivindicación 7, en el que el enfriamiento comprende lavar el hidróxido de metal alcalino de la superficie del objeto metálico.

10. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente optimizar la profundidad tratada variando por lo menos uno de la temperatura de tratamiento final, los componentes de la disolución acuosa de tratamiento, y las cantidades relativas de reactantes utilizados en la disolución acuosa de tratamiento como una función del parámetro de material y del parámetro dimensional.

11. El método de la reivindicación 7, en el que la extensión especificada del tratamiento es un nivel de mínimo óxido a decapante del tratamiento de incrustaciones en la superficie del objeto metálico y un mínimo efecto de metal base, comprendiendo el método adicionalmente:

seleccionar la temperatura de tratamiento final como una función de una cantidad de incrustaciones en la superficie del objeto metálico.

12. El método de la reivindicación 7, en el que el periodo de tiempo de tratamiento es no más de treinta segundos.

13. El método de la reivindicación 12, en el que el periodo de tiempo de tratamiento es no más de tres segundos.

14. El método de la reivindicación 7, en el que la mezcla eutéctica comprende 18% en peso de hidróxido de potasio y 12% en peso de hidróxido de sodio.

15. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:

50 seleccionar la temperatura de aplicación de la superficie del objeto metálico como una temperatura por encima del punto de ebullición de la disolución de tratamiento.

16. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente seleccionar la temperatura de aplicación de la superficie del objeto metálico como una temperatura por encima del punto de temperatura de fusión de la sal de la disolución de tratamiento.

17. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:

5 seleccionar la temperatura de tratamiento final como un incremento sobre la temperatura de aplicación que varía de 65°C (150°F) a 94°C (200°F).

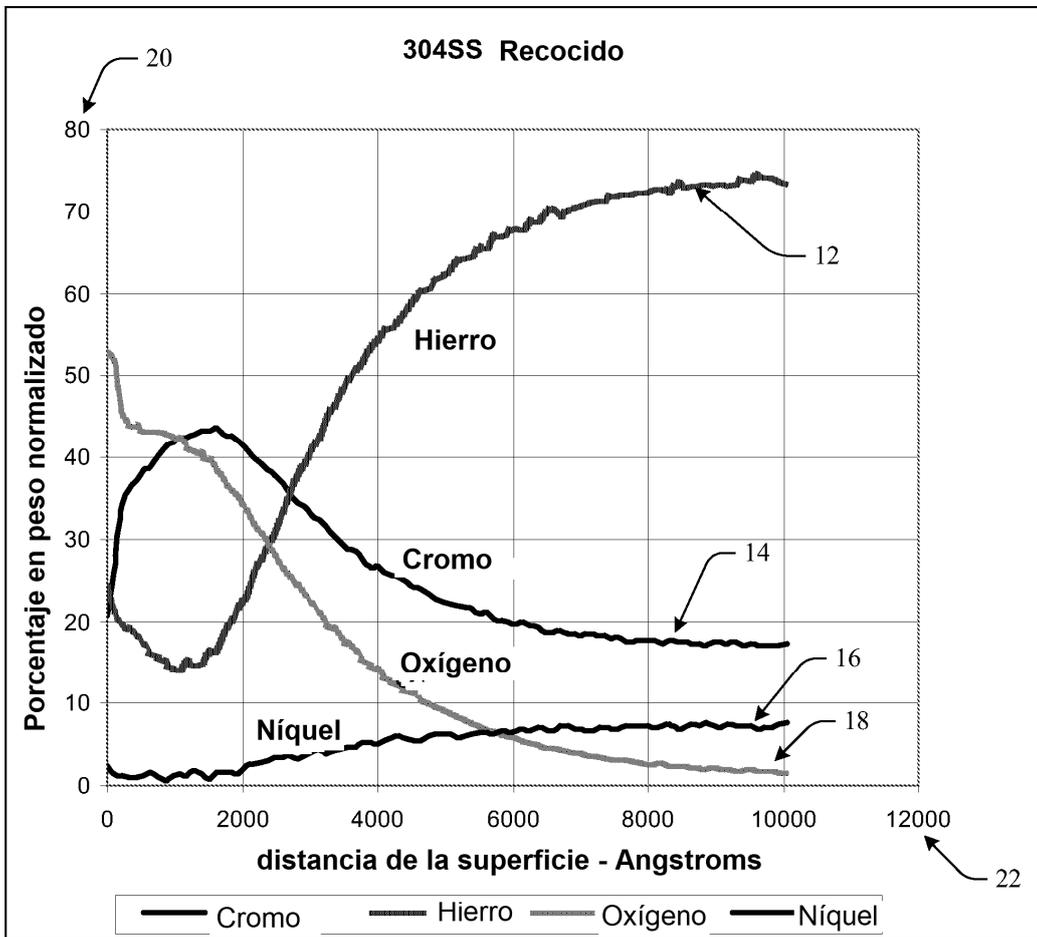


FIG 1

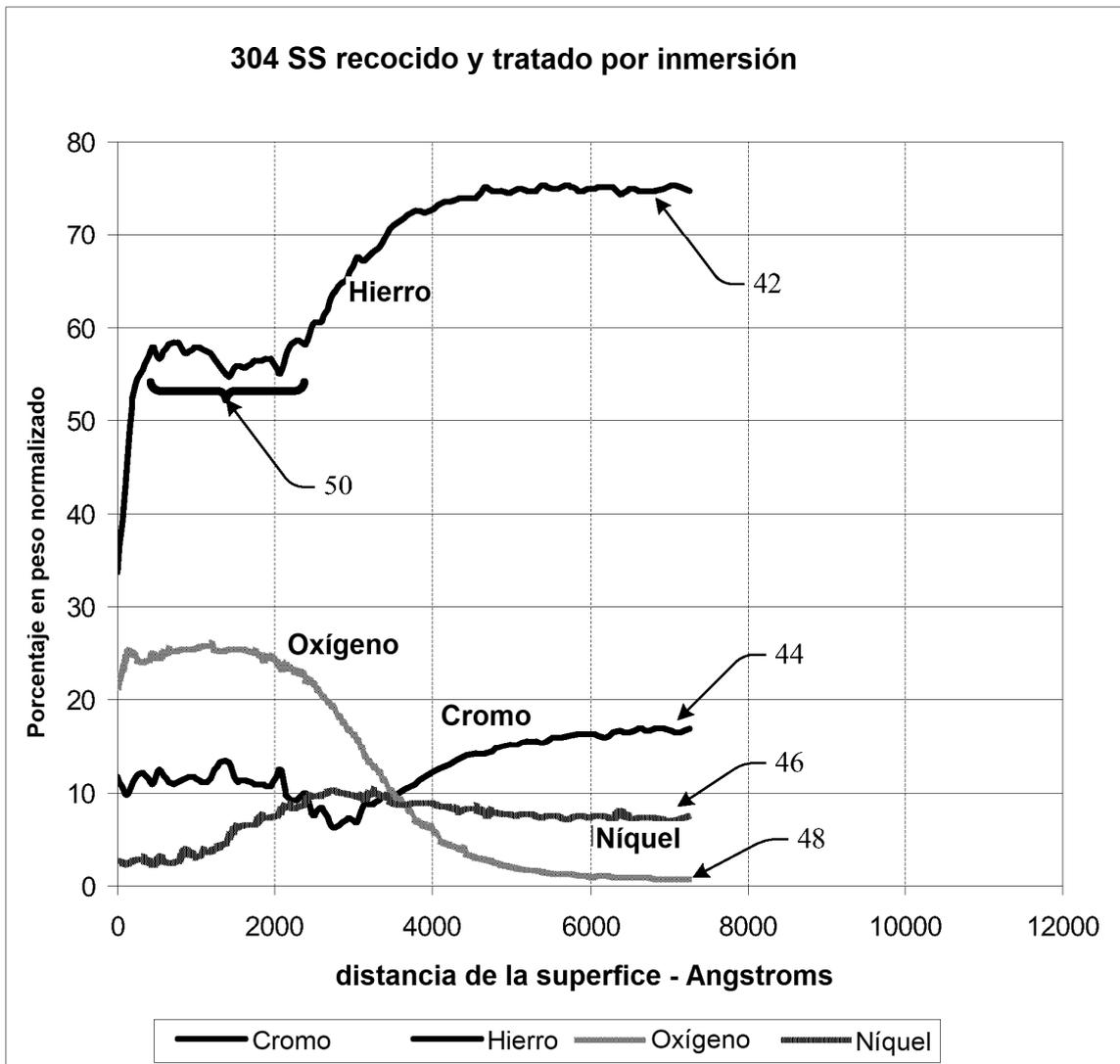


FIG 2

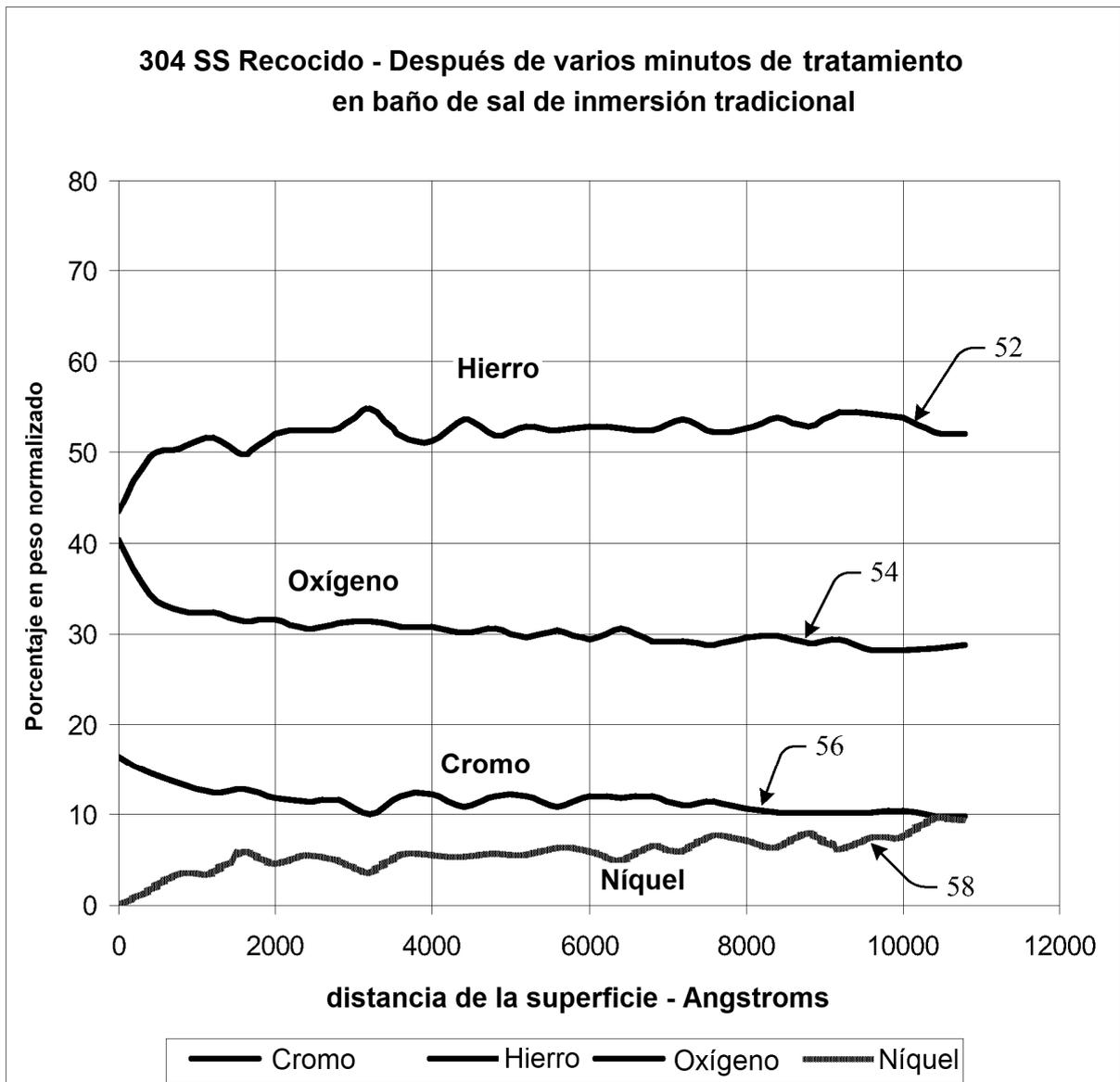


FIG 3

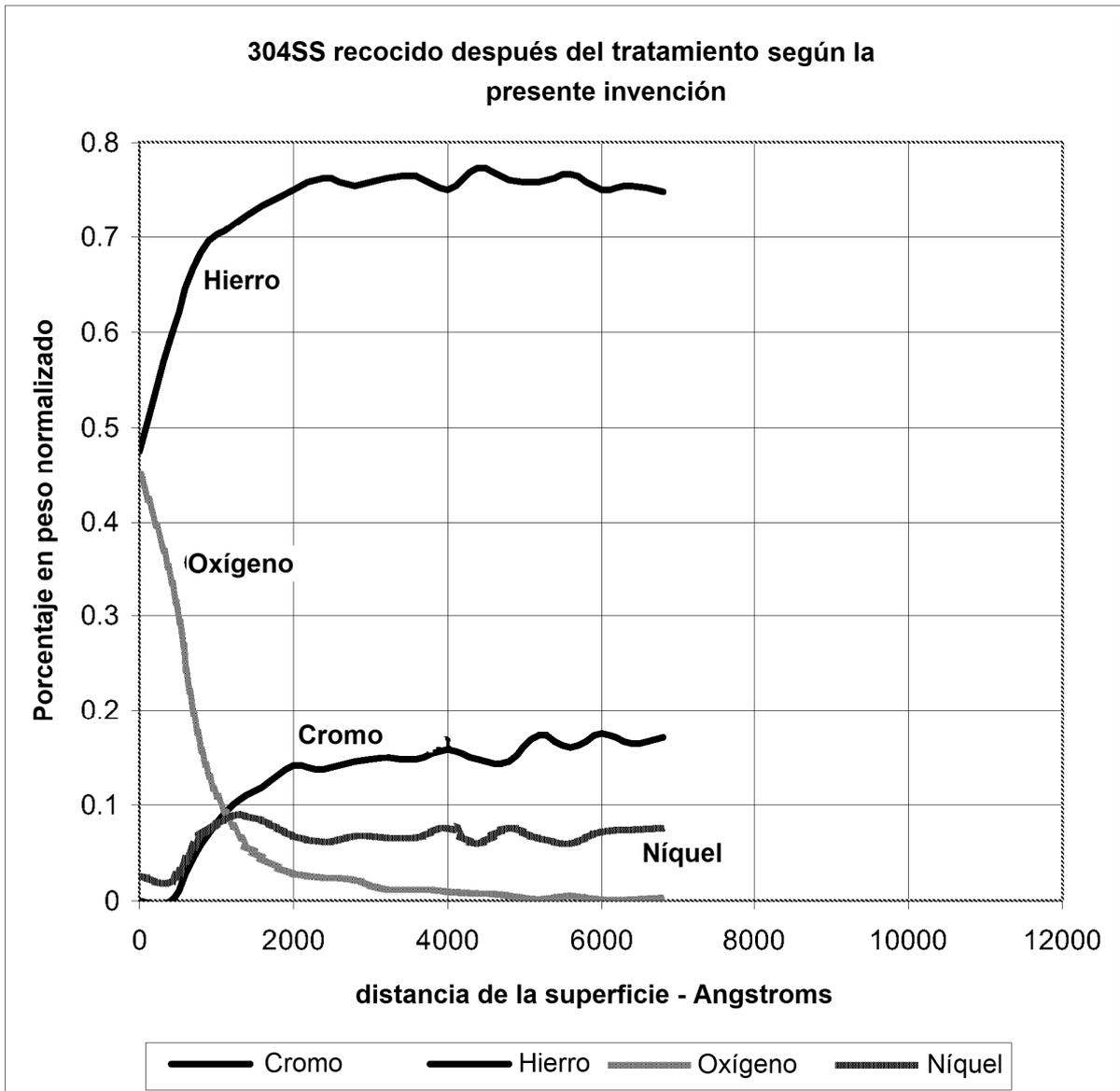


FIG 4

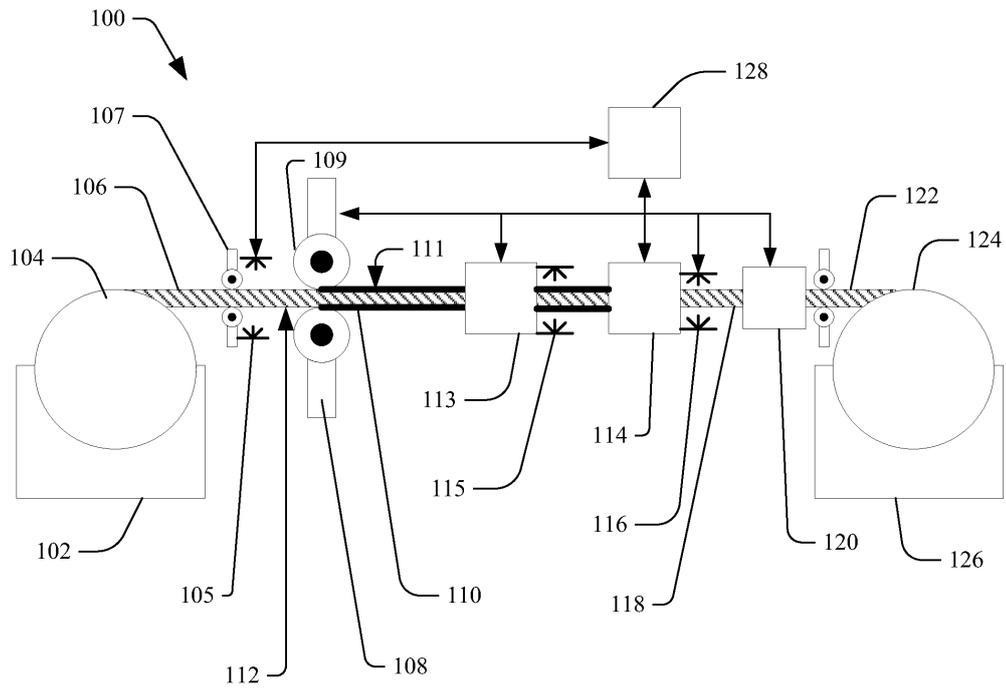


FIG 5