(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 558 159**

(51) Int. CI.:

G01J 5/02 (2006.01)
G01N 33/20 (2006.01)
G01J 5/08 (2006.01)
G01J 5/00 (2006.01)
G01N 25/72 (2006.01)
G01B 21/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2009 E 09706602 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2235474**

(54) Título: **Control de un tratamiento de decapado**

(30) Prioridad:

31.01.2008 BE 200800061

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.02.2016

(73) Titular/es:

CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES ASBL - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE VZW (100.0%)
Boulevard de l'Impératrice 66
1000 Bruxelles, BE

(72) Inventor/es:

CRAHAY, JEAN y
MOREAS, GENEVIÈVE

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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

Control de un tratamiento de decapado

Objeto de la invención

La producción de bandas de acero comprende una serie de etapas sucesivas:

- una vez elaborado, el acero líquido se vierte, generalmente de manera continua en forma de losas de algunos centímetros de grosor;

- se lamina a alta temperatura para beneficiarse de una gran ductilidad en este campo; se crea así una banda de metal generalmente de algunos milímetros de grosor que se enrolla y se enfría hasta la temperatura ambiente;

- el decapado quita la capa de óxido y la banda de acero es o bien cortada en chapa para ser utilizada, o bien laminada en frío hasta grosores que disminuyen hasta 0,1 mm para las aplicaciones más finas en el campo del embalaje.

La etapa de decapado antes citada es el objeto de la presente invención. Se refiere más particularmente a los aceros denominados "al carbono", así como a los aceros más altamente aleados, como los aceros inoxidables ricos en cromo y níquel ente otros, o como los aceros de alto contenido en silicio destinados a las aplicaciones en la industria eléctrica.

Otro objeto de la presente invención es poder detectar la presencia de óxido residual sobre la banda en el laminador en caliente, después del descascarillamiento.

Finalmente, otro campo de aplicación de la invención es la detección de óxidos sobre los cilindros del laminador.

Técnica anterior y posición del problema

Se sabe que se crea una capa de óxido durante el laminado en caliente de bandas de acero, teniendo esto lugar a temperaturas que van típicamente de 900ºC a 1200ºC. El laminado en caliente se efectúa generalmente a aire ambiente, y produce así una oxidación muy fuerte de la superficie metálica. La capa de óxido creada comprende evidentemente un óxido de hierro, pero también unos óxidos de los elementos de aleación, tales como Mn, Cr, Al, Si, etc.

Al final del laminado en caliente, la banda de acero se enfría por proyección de agua hasta temperaturas que van de 500ºC a 750ºC, después de lo cual se enrolla.

Las bobinas macizas (de 10 a 20 toneladas típicamente) necesitarán varios días para enfriarse y durante este tiempo el óxido que se encuentra a la superficie continuará evolucionando. Esta evolución se marca en dos aspectos:

- naturaleza del óxido existen diferentes óxidos de hierro, esencialmente la wustita FeO, la magnetita Fe_3O_4 y la hematita Fe_2O_3. Los diferentes óxidos de hierro tienen unos campos de temperatura de estabilidad térmica que le son propios. Durante el enfriamiento de las bobinas, el óxido de hierro se transforma generalmente en una mezcla de óxidos. La composición y la estructura de esta mezcla dependen de la composición química del acero, de las condiciones de laminado en caliente, de la temperatura del bobinado, de la masa de la bobina y de la velocidad de enfriamiento. En efecto, es posible, entre otras cosas, influenciar la composición de la mezcla de óxidos enfriando las bobinas de manera enérgica;

- grosor de la capa de óxido: las bobinas son enrolladas en espiras apretadas pero no constituyen por ello unas áreas estancas. Durante el enfriamiento, el aire penetra entre las espiras y el oxígeno puede también acentuar la oxidación. Dado que las espiras siguen estando bastante apretadas, la penetración del aire es principalmente marcada en los extremos de la bobina: cantos laterales, espiras exteriores y espiras interiores. En todas estas zonas, se observa una oxidación más fuerte.

En conclusión, la capa de óxido presente en la superficie de las bandas, cuando las bobinas se han enfriado, es altamente variable:

- la composición de la capa de óxido, es decir en óxidos de hiero y otros elementos, depende de la composición química del acero y de las condiciones de laminado en caliente;

- la naturaleza de los óxidos de hierro que son mayoritarios depende de las condiciones del laminado, pero también de la temperatura del bobinado y de las condiciones de enfriamiento;

- además, la distribución de las propiedades de los óxidos es muy heterogénea: los contornos de la banda (que tiene típicamente una anchura de 1~2 m y una longitud de varios centenares de metros) se oxidan en mayor medida;

- el grosor de la capa de óxido es típicamente de 3 a 10 μm.

El decapado

El decapado es un producto químico que permite eliminar unas capas de óxido de la superficie de metales. Se obtiene así una superficie más limpia, de aspecto más atrayente y capaz de sufrir unos tratamientos ulteriores. En particular, durante un laminado a temperatura ambiente, el óxido que se quedaría en la banda tendría el riesgo de ser pulverizado y contaminar los cilindros del laminador, provocando una pérdida de calidad importante.

El decapado tiene lugar poniendo la superficie de la banda de acero en contacto con una solución de ácido caliente.

Los baños utilizados para el decapado son habitualmente unas soluciones acuosas de ácidos clorhídrico o sulfúrico en el caso de los aceros "al carbono". Para los aceros más altamente aleados, se recurre a soluciones más agresivas que contienen también los ácidos nítrico o fluorhídrico.

Aunque existen todavía instalaciones de decapado que trabajan en ida y vuelta (línea denominadas "push-pull"), la mayoría de las instalaciones de decapado funcionan de modo continuo. En la entrada de la línea, las bobinas sucesivas son ensambladas y es una banda continua que atraviesa la estación de decapado. Unos acumuladores por arriba y por debajo de la porción de decapado permiten gestionar las variaciones de velocidad de las diferentes secciones. Además, una tendencia cada vez más marcada es la de acoplar el decapado y el laminado que lo sigue en una misma línea: se realizan así ahorros de bobinado y desbobinado intermedios.

La puesta en contacto de la banda a decapar y de la solución ácida puede realizarse de diferentes maneras: la más antigua consistía en hacer desplazar la banda sumergiéndola en una sucesión de baños cada uno a lo largo de varias decenas de metros. En unos diseños más recientes, la solución ácida se proyecta en la banda por medio de bombas y aspersores. Esta disposición permite acelerar el decapado por unos efectos de renovación muy rápida del ácido al contacto con la banda. Además, permite un control más preciso del decapado y de las situaciones transitorias, como la parada de la línea debido a un ensamblaje difícil de las bandas, por ejemplo. De manera general, la parte de tratamiento de una línea de decapado actual comprende:

- una serie de tanques de decapado en los que la banda de acero está en contacto con la solución ácida, bien por inmersión, o bien por proyección;

- una sección de aclarado destinada a eliminar cualquier residuo de solución ácida de la superficie de la banda que se acaba de decapar. En efecto, cualquier contaminación superficial en la solución ácida o en las sales (cloruros de hiero, por ejemplo) provocaría un defecto visible en la superficie y/o un riesgo de corrosión durante el almacenamiento o el transporte;

- un secado final.

Control del decapado

Un decapado correctamente efectuado debe satisfacer a las especificaciones siguientes:

- eliminar la totalidad del óxido que se encuentra en la superficie de la banda al salir del laminado en caliente. Si no se elimina todo el óxido, se habla de "sub-decapado";

- no atacar demasiado el hierro que constituye la banda de acero. En efecto, las soluciones ácidas utilizadas para eliminar el óxido son también capaces de reaccionar con el hierro y atacarlo, es lo que se denomina el "sobre-decapado". El cumplimiento de esta exigencia de evitar el sobre-decapado se facilita por la adición de sustancias químicas (denominadas inhibidores) que se fijan no sobre el óxido, sino sobre el hierro, y lo protegen del ácido;

- optimizar los tiempos de tratamiento y por lo tanto la productividad de la línea.

Para alcanzar estos objetivos de calidad, la banda que sale de la línea es habitualmente inspeccionada por unas personas que observan la superficie para localizar cualquier defecto. Como en otros campos, se busca sustituir esta inspección visual por unos sistemas automáticos; se justifica por una gran regularidad de funcionamiento y una posibilidad de detectar defectos incluso de pequeño tamaño.

Estado de la técnica en control del decapado

El problema del control del procedo de decapado se puede formular como el de eliminar la capa de óxido de manera total pero sin excederse, mientras que:

- las propiedades de esta capa de óxido varían de una bobina a otra;

- las propiedades del óxido son altamente heterogéneas, siendo el centro de la banda claramente más fácil de decapar que los bordes;

- la composición química de los baños varía durante el tiempo debido a las reacciones químicas de las cuales estos baños son el origen (empobrecimiento en ácido y enriquecimiento en cloruros de hierro en el caso de decapado con ácido clorhídrico).

El parámetro de proceso más fácilmente utilizable para el control del decapado es la velocidad de la línea. Es rápidamente ajustable y tiene un efecto directo sobre el estado del decapado.

En consecuencia, se han desarrollado sucesivamente varias estrategias para asegurar un mejor control del decapado. Estas estrategias pueden ser descritas de la siguiente manera, y desarrolladas a continuación:

- mejor control de la composición química de los baños de decapado;

- adaptación de los parámetros de tratamiento en función de las supuestas propiedades del óxido;

- adaptación de los parámetros de tratamiento en función de los parámetros de óxido medidos en diferentes sitios de la línea;

- detección automática de defectos mediante la inspección de toda la superficie de la banda por cámara rápida y procesamiento de imágenes.

Mejor control de la composición de los baños de decapado

Este se ha obtenido en primer lugar por unas consignas de reaprovisionamiento de ácido de los tanques.

Después, se ha procedido a mediciones sistemáticas de las concentraciones en ácido y en cloruro (o sulfato) de hierro. Actualmente aparece en el mercado una nueva generación de sistemas de análisis que pueden funcionar de manera automática.

Adaptación en función de las supuestas propiedades del óxido

La influencia de la naturaleza del acero así como las de la temperatura de bobinado y del modo de enfriamiento son relativamente bien conocidas.

Se han llevado a cabo unas estrategias de control de la velocidad de la línea o de la concentración en ácido, basadas en el conocimiento de la composición química y de las condiciones de laminado en caliente de las diferentes bobinas.

Este es por ejemplo el caso en la solicitud de patente JP-A-2003 231981 depositada por Nippon Steel y que propone adaptar la velocidad de la línea en función del tipo de acero, de las condiciones de laminado en caliente, del modo de preparación de la superficie antes del decapado así como de los parámetros de la línea de decapado.

Adaptación en función de los parámetros del óxido medidos en diferentes sitios

El óxido que debe ser eliminado se mide o bien a la entrada de la línea, o bien durante el tratamiento. Los parámetros de tratamiento son adaptados en función de las propiedades detectadas para este óxido.

Este es por ejemplo el caso en las solicitudes:

- JP-A-11 325839, depositada por Kawasaki Steel y que propone efectuar una medición precisa del grosor de la capa de óxido con la ayuda de pirómetros infrarrojos de dos longitudes de inda;

- JP-A-11 189885, depositada por Kawasaki Steel y que propone regular los parámetros de decapado en función del grosor de la capa de óxido entrante;

- JP-A-10 306391, depositada por Hitachi y que propone optimizar las condiciones de tratamiento en base a sensores de banda y al estado de la línea, así como en base a un algoritmo de control;

- DE-A-103 32 693, depositada por SMS Demag y que propone medir las propiedades del óxido en dos puntos y adaptar la presión de una sección de rociado. La medición de las propiedades del óxido no está detallada pero puede tratarse de la presencia del óxido que queda en la superficie;

- EP-A-1 162 287, depositada por SMS Demag y que propone medir las propiedades del óxido, en términos de presencia y estructura, en varios puntos de la línea de decapado (dos puntos de medición por ejemplo) y adaptar los parámetros de la línea de decapado. La medición de las propiedades de la capa de óxido se efectúa por unos pirómetros infrarrojos cuya ganancia es ajustable y que pueden detectar las propiedades de los diferentes óxidos en base a su emisividad.

Detección de defectos por inspección automática de toda la superficie de la banda y procesamiento de imágenes

Esta última generación de equipos inspecciona toda la superficie de la banda con la ayuda de cámaras que operan en el rango visible. Un procesamiento de imagen detecta las heterogeneidades y las interpreta en términos de defectos. Estos defectos son generalmente producidos en la parte de arriba, pero están muestran sólo después del decapado.

Objetivos de la invención

La presente invención pretende proporcionar una solución para controlar la presencia de óxidos en una banda de acero laminada en caliente, que supere de los inconvenientes inherentes en el estado de la técnica.

Más precisamente, en este contexto, la invención pretende proporcionar una técnica de detección automática, en línea y en modo continuo del sub-decapado que sea al mismo tiempo fiable y muy sensible.

Principales elementos característicos de la invención

Un primer objeto de la presente invención según la reivindicación 1, se refiere a un procedimiento de detección de una capa de óxido sobre una banda metálica en movimiento en una instalación de fabricación en modo continuo, en la que se observa la banda en movimiento con la ayuda de un sistema de detección sin contacto basado en la medición de la radiación térmica emitida por dicha banda, caracterizado por que se mide la temperatura aparente de la banda en una pluralidad de zonas, es decir que dicha medición se efectúa omitiendo voluntariamente la aplicación de una corrección de emisividad y por que se identifica una zona recubierta de óxido por un valor de temperatura aparente sustancialmente superior a la de una o varias zonas desprovistas de óxido.

Según unas formas de ejecución preferidas, el procedimiento de la invención comprende además, en combinación, una o varias de las características siguientes:

- fijar el umbral de detección de una diferencia de temperatura aparente de al menos 5ºC, preferentemente al menos 10ºC;

- observar la banda en un sitio en el que está seca;

- observar la banda en un sitio en el que su temperatura es relativamente homogénea;

- observar la banda en un sitio en el que su temperatura es superior a 40ºC y preferentemente a 50ºC;

- utilizar una media móvil de las temperaturas aparentes para aplicar el criterio de detección e identificar unas zonas de superación del umbral;

- observar la banda punto por punto con la ayuda de un pirómetro;

- observar toda la superficie de la banda utilizando una cámara térmica;

- utilizar un sistema de medición según una línea o una matriz de dos dimensiones, preferentemente de barrido rápido;

- adquirir más de 50 y preferentemente 100 puntos de imagen por línea, preferentemente sobre la anchura de la banda;

- utilizar una frecuencia de barrido superior a 100Hz, preferentemente superior a 500Hz;

- examinar unas zonas del orden de 1 cm^2;

- reconstituir una imagen continua yuxtaponiendo las líneas por procesamiento de imagen;

- acoplar la detección térmica con una detección por video que funciona esencialmente en la misma zona de exploración;

- activar el sistema de video cuando la temperatura aparente supere un cierto umbral;

- utilizar la señal de video como alarma e indicación de zona con defecto por un operario, como registro para el control de calidad o para un tratamiento posterior.

El procedimiento según la invención se puede aplicar ventajosamente para:

- controlar el decapado de las bandas de acero laminadas en caliente, detectando las zonas de óxido residual que subsisten después del decapado;

- detectar un óxido residual sobre la banda de acero laminada en caliente, después del descascarillado;

- detectar la presencia de óxido sobre los cilindros del laminado.

Un según objeto de la presente invención según la reivindicación 19 se refiere a una instalación de decapado integrada en una línea de producción de bandas de acero, preferentemente laminadas en caliente, que comprende un dispositivo para la realización del procedimiento de control descrito anteriormente.

Según unas formas de ejecución preferidas, la instalación de la invención comprende además, en combinación, una o varias de las características siguientes:

- dicho dispositivo está situado en una zona por debajo de una sección de tanques de decapado y de una sección de aclarado-secado de la banda de acero y por arriba de un acumulador de salida;

- dicho dispositivo comprende una cámara termográfica para medir la temperatura aparente de la banda, por lo tanto sin aplicación de una corrección de la emisividad, según un campo de visión que comprende una zona de paso de la banda después del paso sobre un rodillo deflector;

- la instalación comprende además una cámara de video, es decir que opera en el rango visible, en el mismo campo de visión que la cámara termográfica antes citada.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 representa una muestra de banda de acero laminada en caliente observada en niveles de grises por una cámara termográfica con corrección de la emisividad.

La figura 2 representa gráficamente la potencia específica radiada respectivamente por un cuerpo negro, un cuerpo gris y un cuerpo de color.

La figura 3 representa una muestra de banda de acero laminada en caliente observada después del secado por una cámara termográfica sin corrección de emisividad, según la presente invención.

La figura 4 representa la muestra observada como en la figura 3 pero después del precalentamiento en una estufa hasta 50ºC.

La figura 5 representa una muestra observada como en la figura 3, decapada en todas las partes salvo en algunos trazos de algunos milímetros.

La figura 6 representa esquemáticamente una línea de decapado industrial con su zona de implantación de un sensor según la presente invención.

Las figuras 7 y 8 muestran respectivamente una imagen térmica de una sección de banda de acero así decapada en toda su anchura, así como el perfil transversal de temperatura aparente asociado, según la presente invención.

Las figuras 9 y 10 muestran respectivamente una imagen térmica de una sección de banda de acero poco decapada sobre toda su anchura, así como el perfil transversal de temperatura aparente asociado, según la presente invención.

La figura 11 muestra un registro de temperatura aparente máxima en función del tiempo correspondiente a un día de producción, en una línea de decapado provista de un sistema de control según la presente invención.

La figura 12 muestra esquemáticamente una forma de ejecución alternativa según la presente invención, según la cual una cámara que opera en el rango visible está montada en el mismo campo de visión que el sistema de medición térmica antes citado.

La figura 13 muestra el esquema de funcionamiento durante el tiempo del sistema de detección según la figura 12.

Descripción detallada de la invención

Introducción

La presente invención se basa en la búsqueda de una técnica de sustitución de la inspección visual de la banda a la salida del decapado con el fin de detectar el sub-decapado, es decir unas zonas en las que el óxido subsiste después del decapado. Observando la superficie de numerosas bobinas a la salida de la línea de decapado, es decir después del "decapado + aclarado + secado", se ha constatado que:

- el aspecto de la superficie de las bandas varía en gran medida de una banda a otra. Todas las bandas aparecen en "gris metal" pero según la composición química y los parámetros de aclarado, el nivel de gris varía en gran medida;

- cuando el óxido subsiste en la superficie de una banda después del decapado, el contraste entre las zonas decapadas y no decapadas sigue siendo bajo en términos de niveles de gris.

Por consiguiente, sustituir la inspección humana por una inspección automática supone no basarse en un nivel absoluto de gris para detectar las zonas de óxido que quedan, sino adaptarla de manera "intuitiva" en función de los matices del acero, lo que puede parecer poco fiable.

La figura 1 ilustra esta situación. Una muestra 1 de banda laminada en caliente se ha decapado parcialmente: en la zona de izquierda 2, el óxido se ha eliminado por inmersión en una solución ácida mientras que la zona de derecha 3, el óxido subsiste. Se observa claramente que la diferencia de gris entre las zonas decapada 2 y no decapada 3 sigue siendo reducida.

Principio de la invención

La invención se basa en un efecto totalmente inesperado para el experto en la materia que resulta de una medición efectuada de manera, ciertamente inusual, pero que permitió una detección muy clara de zonas de óxido residual.

Se ha utilizado una medición realizada con la ayuda de una cámara denominada termográfica. Las cámaras termográficas permiten obtener una imagen de la distribución de temperatura sobre un objeto considerado. Estas encuentran aplicaciones cada vez más numerosas en diferentes campos:

- en medicina, en la que ponen en evidencia las zonas superficiales, más irrigadas por la sangre;

- sobre unos equipamientos industriales tales como unos armarios eléctricos o unos componentes de distribución eléctrica de potencia en la que permiten detectar unos sobrecalentamientos locales anormales;

- en aislamiento de los edificios, en los que ponen en evidencia las fugas de energía hacia el exterior (puentes térmicos).

Las cámaras termográficas están basadas en el hecho de que cualquier cuerpo irradia una cantidad de energía que está en función de su temperatura y de su estado de superficie. Las leyes de radiación se han establecido para lo que se denomina un "cuerpo negro", es decir un cuerpo que es opaco y no refleja ninguna radiación. Este "cuerpo negro" es un radiador absoluto: en condiciones dadas, irradia el máximo de energía. Para un cuerpo negro, la potencia específica radiada en función de la temperatura y de la longitud de onda es dada por la ley de Planck

$$M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} * \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} = \frac{C_1}{\lambda^5} * \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1},$$

en la que c es la velocidad de la luz, $C_1 = 3{,}74 \times 10^{-16}$ W m^2, $C_2 = 1{,}44 \times 10^{-2}$ K m y h es la constante de Planck.

La integral de la ley de Planck da la ley de Stefan-Boltzmann:

$$M = \sigma T^4 \text{ (en W m}^2\text{)},$$

en la que $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}.

Esta ley muestra que el conocimiento de la potencia radiada da acceso a la temperatura.

Los cuerpos reales no irradian tanta energía como la que se predice por las leyes anteriores; se necesita aplicar un factor reductor que se denomina "emisividad" y que representa la relación entre la radiación emitida por un cuerpo dado y la emitida por un "cuerpo negro" en las mismas condiciones. La emisividad es una función de la naturaleza del cuerpo y en particular de su estado de superficie. Para algunos cuerpos, la emisividad es la misma, sea cual sea

la longitud de onda; existe por lo tanto una relación constante entre la radiación emitida por este cuerpo y la emitida por un "cuerpo negro" en las mismas condiciones. Para otros cuerpos, la emisividad varía en función de la longitud de onda, se denomina a estos cuerpos "cuerpos de color". El diagrama presentado en la figura 2 ilustra esta diferencia entre los cuerpos: muestra la relación entre la longitud de onda y la potencia específica irradiada por tres cuerpos diferentes:

- el "cuerpo negro" 4 que obedece a la ley de Planck;

- el "cuerpo gris" 5 para el cual la potencia irradiada se reduce por un factor constante, sea cual sea la longitud de onda con respecto al cuerpo negro;

- el "cuerpo de color" 6 para el cual la potencia irradiada comparada con la del "cuerpo negro" varía con la longitud de onda.

La medición de la temperatura de un cuerpo real supone por lo tanto por un lado la medición de la potencia específica emitida por este cuerpo y por otro lado el conocimiento de su emisividad.

La medición de la potencia específica utiliza un sistema óptico compatible con las longitudes de ondas en juego y que focaliza la radiación sobre un detector. Existen diferentes tipos de sensores para transformar la potencia recibida en una señal luminosa que servirá para construir la imagen térmica de la diana. De manera no exhaustiva, se puede citar los detectores de termopilas, los detectores piroeléctricos y los detectores bolómetros. Estos diferentes tipos son bien conocidos por el experto en la técnica.

En lo que se refiere al conocimiento de la emisividad, que es también indispensable, se han desarrollado diferentes estrategias que son también bien conocidas por el experto en la técnica. Son objeto de una abundante bibliografía. Comprenden, entre otros:

- la calibración por un termopar;

- la aplicación de un revestimiento de emisividad conocido;

- la utilización de pirómetros a varias longitudes de onda, etc.

En todos los casos, se trata de medir o calcular la emisividad a fin de poder determinar la temperatura real a partir de la "temperatura aparente", es decir la que supondría que el cuerpo medido sea un "cuerpo negro".

En la técnica que es objeto de la presente invención, se ha utilizado una muestra parcialmente decapada, tal como la de la figura 1. Habiéndose secado la muestra, se ha asegurado que su temperatura sea homogénea y después se ha tomado una imagen con la ayuda de una cámara termográfica ajustada como si se tratase de un cuerpo negro, y no se han corregido voluntariamente las indicaciones (se podrá observar también la banda punto por punto con la ayuda de un pirómetro). Se trataba por lo tanto de una imagen de temperatura aparente que había sido obtenida. El resultado es que las zonas en las que subsiste el óxido residual parecen poseer una temperatura más elevada que las zonas decapadas y el contraste es, en estas condiciones, muy marcado.

El resultado se ilustra en la figura 3. En la parte superior de la figura 3, se muestra la imagen de la misma muestra 1 que en el caso de la figura 1: comprende por lo tanto una zona decapada 2 y una zona 3 en la que el óxido subsiste todavía. Pero esta vez se trata de una imagen tomada con la ayuda de una cámara termográfica, sin ninguna corrección de la emisividad y que muestra por lo tanto la temperatura aparente de las diferentes zonas. Como lo indica la escala de temperaturas 7, codificada en colores, la temperatura de la zona de óxido residual 3 aparece más elevada que la de la zona decapada 2, aunque la muestra tenga en realidad una temperatura homogénea. Este resultado se ilustra de otra manera por el perfil de temperatura aparente observado en la línea 8. El perfil de temperatura aparente se presenta en el diagrama en la parte baja de la figura 3, con las escalas marcadas 7A; en el perfil 8A, se observa claramente una diferencia de temperatura aparente de aproximadamente 1ºC en este caso.

El efecto de la temperatura en la medición está ilustrado por la figura 4. Esta figura presenta los mismos resultados que la figura 3 y las marcas son por supuesto idénticas. La diferencia es que, en el caso de la figura 4, la muestra se ha precalentado en una estufa, de manera homogénea hasta aproximadamente 50ºC. Se observa de nuevo que, como lo indica la escala de temperatura 7, codificada en colores, la temperatura de la zona de óxido residual 3 aparece más elevada que la de la zona decapada 2, a pesar de que la muestra tenga en realidad una temperatura homogénea. Este resultado se ilustra de otra manera mediante el perfil de temperatura aparente tomada respectivamente en las líneas 8 y 9. Los perfiles de temperatura aparente se presentan en el diagrama en la parte baja de la figura 4, con las escalas marcadas 7A; en el primer perfil 8A se observa bien una diferencia de temperatura aparente que es ahora claramente más elevada, ya que asciende ahora a alrededor de 20ºC. Además, el segundo perfil 9A indica que la temperatura aparente es relativamente homogénea en la zona 3 de óxido residual. Por lo tanto, existe una ganancia potencial al trabajar en una banda a temperatura más elevada, pero que debe seguir siendo homogénea.

Otro ensayo muestra con qué fineza la técnica según la invención es capaz de detectar unas zonas de óxido residual. Se ha preparado una muestra de manera particular: se han decapado todas las partes salvo algunas zonas de algunos milímetros y que representan la palabra en inglés "oxide". Después, se ha observado esta muestra con la ayuda de una cámara termográfica, de nuevo sin efectuar ninguna corrección de la emisividad. El resultado se presenta en la figura 5. Se observa que en la muestra 11, los trazos finos que constituyen la palabra "oxide" aparecen claramente con una temperatura aparente más elevada que el fondo decapada, como lo muestra la escala de temperatura 7.

Los ensayos se han efectuado cada vez en una banda seca a fin de librarse de los efectos de líquido en la superficie, de manera similar a la utilizada en la solicitud JP-A-05 070980, depositada por Kawasaki Steel, en la que se quiere controlar la eficacia de los rodillos escurridores por una medición térmica por debajo.

Descripción de una forma de ejecución preferida de la invención

El procedimiento según la invención se ha aplicado para controlar una producción industrial.

El esquema de la línea de decapado y de la zona de implantación del sensor se presenta en la figura 6. Los componentes de la línea son los siguientes:

- desenrolladoras 12;

- cizalla 13;

- soldadura 14 para ensamblar unas bobinas y formar una banda continua;

- acumulador de entrada 15;

- nivelador bajo tracción 16 para hacer la banda más plana y al mismo tiempo separar el óxido mediante un ligero alargamiento de la banda;

- tanques de decapado 17; en este ejemplo, 4 tanques de decapado por inmersión;

- unidad de aclarado y secado 18;

- acumulador de salida 19;

- cizalla de bordes 20;

- cabina de inspección 21;

- cizalla de salida 22;

- enrolladora 23.

La zona de implantación retenida para el control según la invención es la zona situada en la parte de abajo de la sección de aclarado-secado (marca 24); se seca la banda generalmente a una temperatura de aproximadamente 50ºC.

Los resultados de los primeros ensayos se muestran en las figuras siguientes:

- figura 7: imagen térmica de una sección de banda bien decapada;

- figura 8: perfil térmico transversal en esta misma sección;

- figura 9: imagen térmica de una sección poco decapada en el borde;

- figura 10: perfil térmico en transversal en esta misma sección parcialmente mal decapada. De manera más detallada:

- la imagen térmica presentada en la figura 7 muestra la banda bien decapada que aparece a la derecha de la imagen (temperatura baja); la banda negra a la izquierda de la imagen representa el fondo, mientras que la zona situada en la parte baja de la imagen, más caliente, es la imagen de un rodillo deflector;

- el perfil de temperatura aparente presentado en la figura 8 es claramente un perfil plano (con un hueco a la izquierda que corresponde al fondo);

- la imagen térmica presentada en la figura 9 muestra una sección de la banda que no estaría completamente decapada en su borde izquierdo; aparece a la derecha de la imagen (temperatura baja) con el óxido residual en el lado izquierdo de la imagen, que parece más caliente (de nuevo la banda negra en el extremo izquierdo representa el fondo, mientras que la zona en la parte inferior de la imagen, más caliente, es la imagen de un rodillo deflector);

- el perfil de temperatura aparente presentado en la figura 10 es claramente un perfil plano con un desnivel a la izquierda de temperatura superior de 10ºC a la media, correspondiendo este desnivel a la zona mal decapada.

Otra aplicación en la misma línea ha consistido en sustituir la cámara que da una imagen de 2 dimensiones por una cámara de línea que barre rápidamente la banda transversalmente (128 puntos de imagen escaneados a más de 500 Hz). Un procesamiento de imagen por ordenador permite después reconstruir una imagen 2D que, evolucionando, permite seguir línea por línea toda la superficie de la banda. Tal disposición es ventajosa en la medida en la que:

- permite un barrido más rápido;

- da acceso a una imagen evolutiva que cubre toda la superficie de la banda.

Este sistema se ha utilizado para un control de producción. La figura 11 muestra un registro que corresponde a un día de producción: se trata de un diagrama en el que la temperatura máxima aparente 26 está representada en función del tiempo 25.

Otra aplicación en la misma línea consistió en montar una cámara activa en el campo visible que opera en el mismo campo de visión que el sistema de medición térmica. Este montaje está presentado en el esquema de la figura 12. La banda a controlar 27, después del paso por un rodillo deflector 28, llega a la zona de examen automático 29. Se observa mediante un sistema que mide la temperatura aparente 30 y un sistema de video 31 que tiene como objetivo la misma zona. El esquema de funcionamiento está presentado en la figura 13. Se observa cómo, en función del tiempo 32, evoluciona la temperatura aparente 33 y la acción de la cámara de video 34. Cuando unas zonas de óxido residual son detectadas por el sistema térmico, lo que se traduce por la temperatura aparente 33 que cruza un cierto umbral, la cámara de video graba durante el periodo correspondiente unas imágenes disponibles para varios usos, tales como la monitorización de los operarios de línea, el logging, seguido de calidad, tratamiento ulterior, etc.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de una capa de óxido sobre una banda metálica en movimiento en una instalación de fabricación en modo continuo, en el que se observa la banda en movimiento con la ayuda de un sistema de detección sin contacto basado en la medición de la radiación térmica emitida por dicha banda, caracterizado por que se observa la banda en un sitio en el que su temperatura es relativamente homogénea y por que se mide la temperatura aparente de la banda en una pluralidad de zonas, siendo dicha medición efectuada omitiendo aplicar una corrección de la emisividad, y por que se identifica una zona recubierta de óxido (3) por un valor de temperatura aparente sustancialmente superior a la de una u otras zonas desprovistas de óxido (2).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se fija el umbral de detección con una diferencia de temperatura aparente de al menos 5ºC, preferentemente al menos 10ºC.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se observa la banda en un sitio en el que está seca.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se observa la banda en un sitio en el que su temperatura es superior a 40ºC y preferentemente a 50ºC.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se utiliza una media móvil de las temperaturas aparentes para aplicar el criterio de detección e identificar unas zonas de superación del umbral.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se observa la banda punto por punto con la ayuda de un pirómetro.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se observa toda la superficie de la banda utilizando una cámara térmica.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se utiliza un sistema de medición según una línea o una matriz de dos dimensiones, preferentemente de barrido rápido.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que se adquieren más de 50, y preferentemente 100, puntos de imagen por línea, preferentemente en la anchura de la banda.

10. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que la frecuencia de barrido es superior a 100 Hz, preferentemente superior a 500 Hz.

11. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que se examinan unas zonas del orden de 1 cm^2.

12. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que se reconstituye una imagen continua yuxtaponiendo las líneas por procesamiento de imagen.

13. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se acopla la detección térmica con una detección por video que funciona esencialmente en la misma zona de escrutinio.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el sistema de video es activado cuando la temperatura aparente supera un cierto umbral.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que la señal de video se utiliza como alarma e indicación de una zona con defecto para un operario, como grabación para el control de calidad o para un tratamiento ulterior.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que se aplica para controlar el decapado de bandas de acero laminadas en caliente, detectando las zonas de óxido residual que subsisten después del decapado.

17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que se aplica para detectar un óxido residual sobre la banda de acero laminada en caliente, después del descascarillado.

18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que se aplica para detectar la presencia de óxido en unos cilindros de laminado.

19. Instalación de decapado integrada en una línea de producción de bandas de acero, preferentemente laminadas en caliente, caracterizada por que comprende un dispositivo (24) para la realización del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

20. Instalación según la reivindicación 19, caracterizada por que dicho dispositivo está situado en una zona por debajo de una sección de tanques de decapado (17) y de una sección de aclarado-secado (18) de la banda de acero y por encima de un acumulador de salida (19).

21. Instalación según la reivindicación 19 y 20, caracterizada por que dicho dispositivo (24) comprende una cámara termográfica (30) para medir la temperatura aparente de la banda, por lo tanto sin aplicación de una corrección de la emisividad, según un campo de visión que comprende una zona de paso de la banda después del paso en un rodillo deflector (28).

22. Instalación según la reivindicación 21, caracterizada por que comprende además una cámara de video (31), es decir que opera en el campo visible, en el mismo campo de visión que la cámara termográfica antes citada (30).

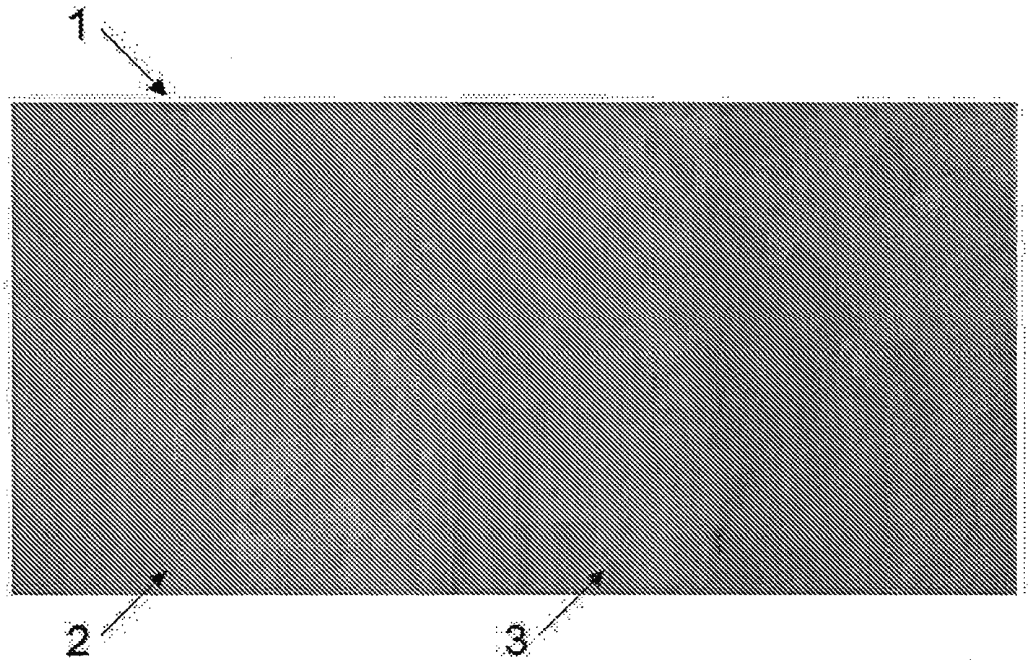

FIG.1

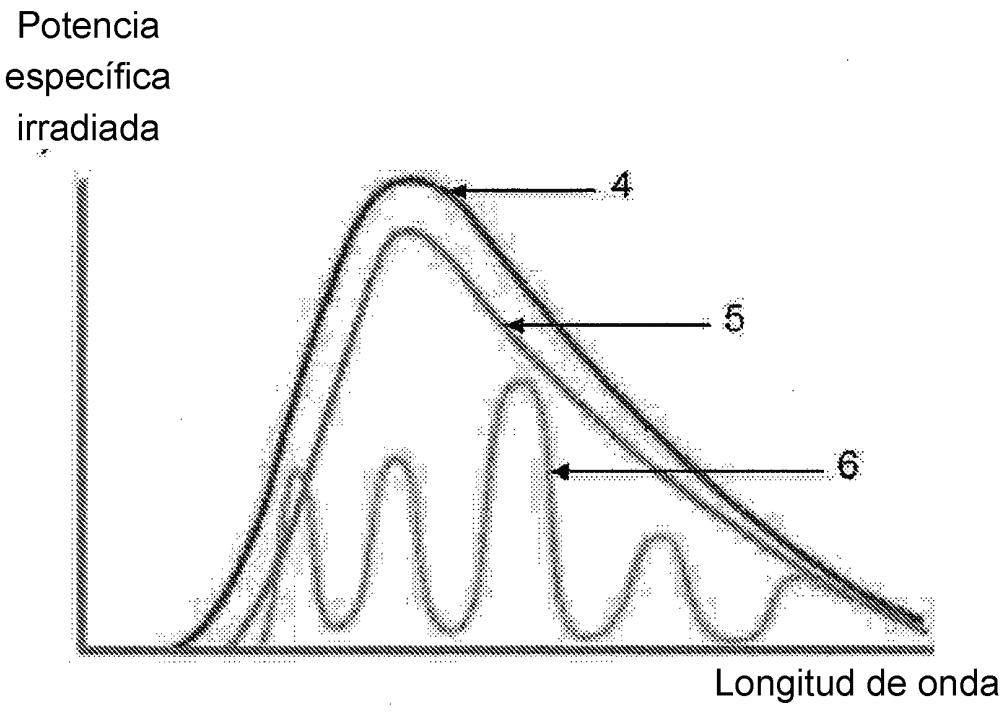

FIG.2

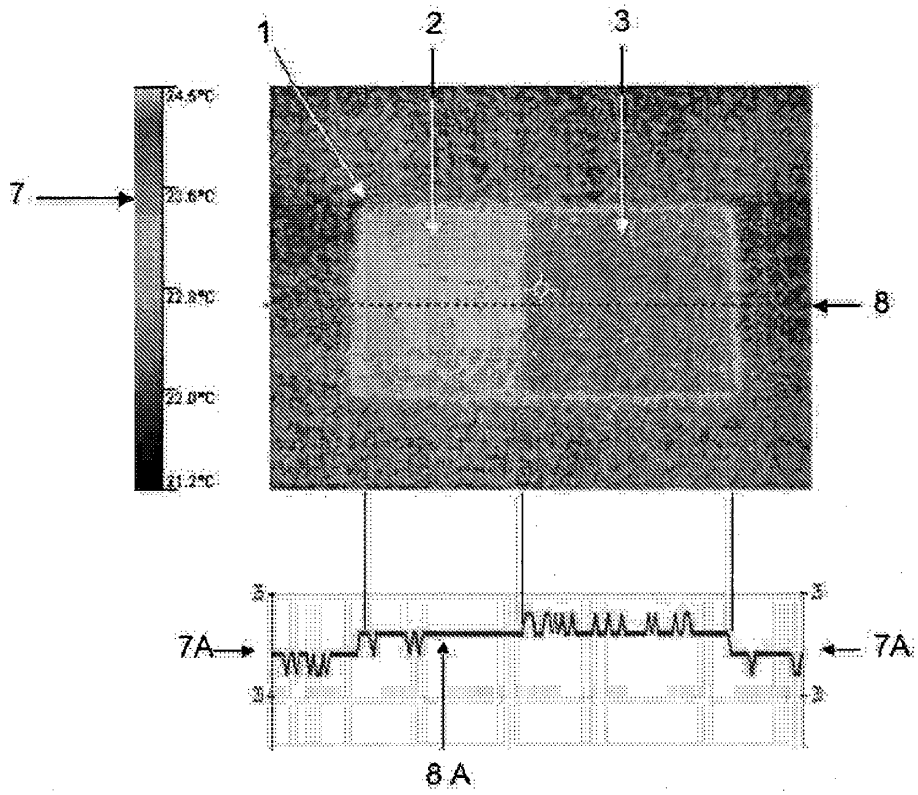

FIG.3

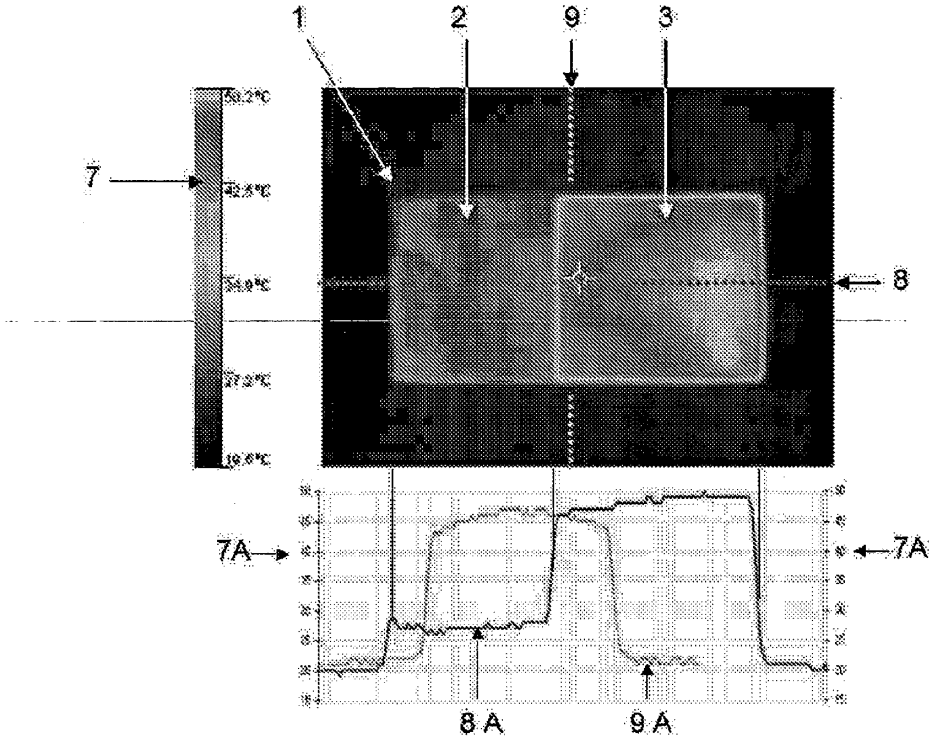

FIG.4

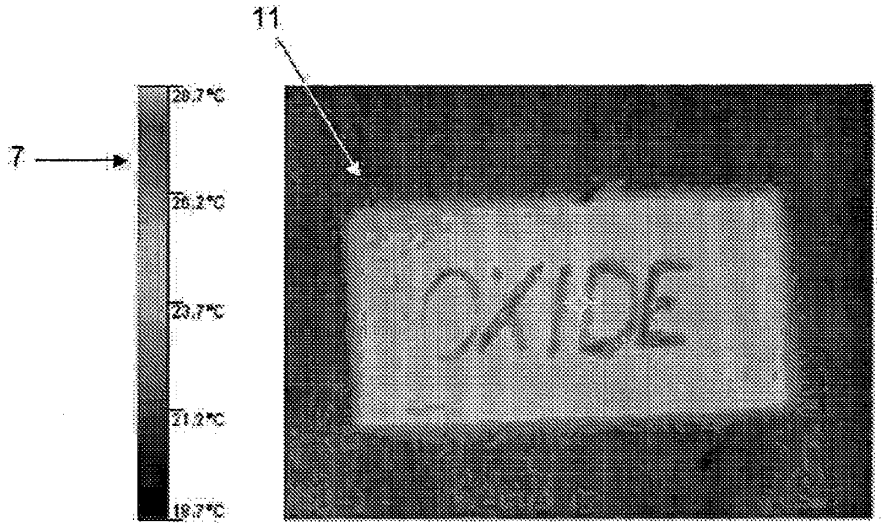

FIG.5

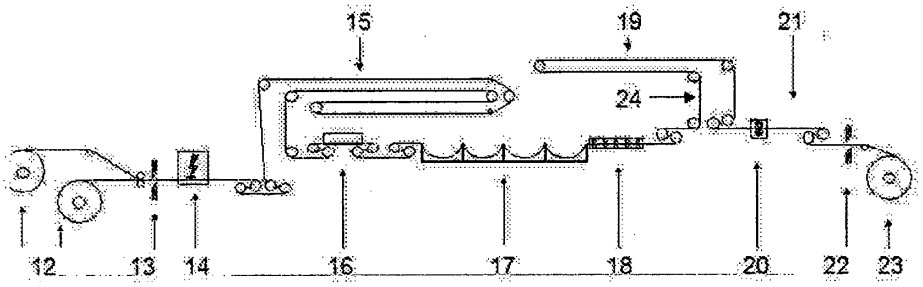

FIG.6

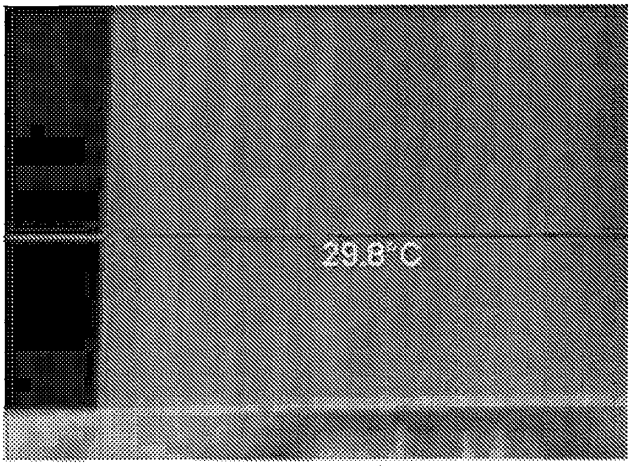

FIG.7

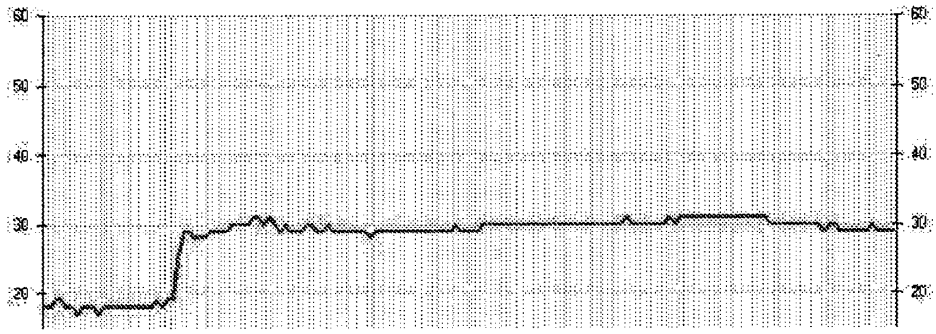

FIG.8

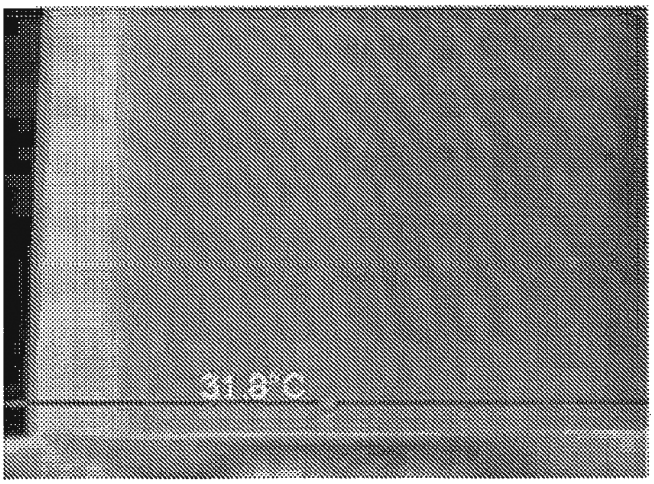

FIG.9

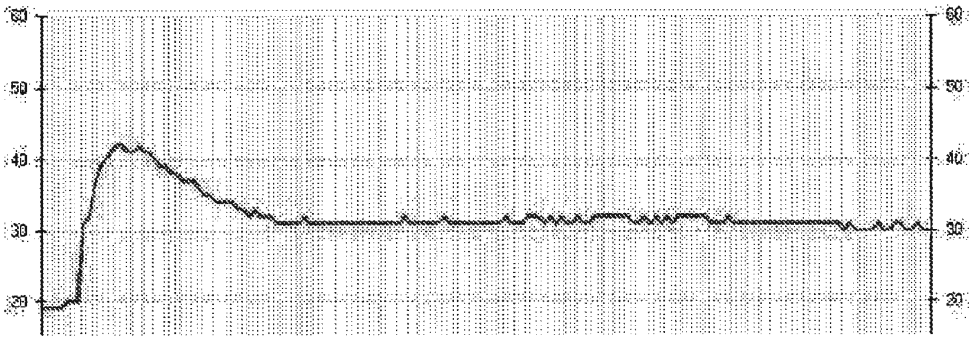

FIG.10

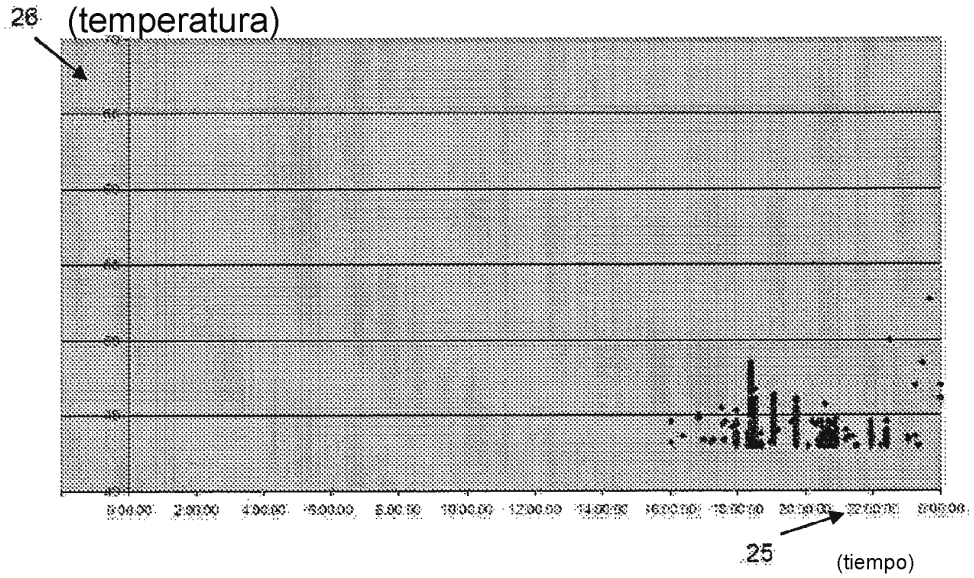

FIG.11

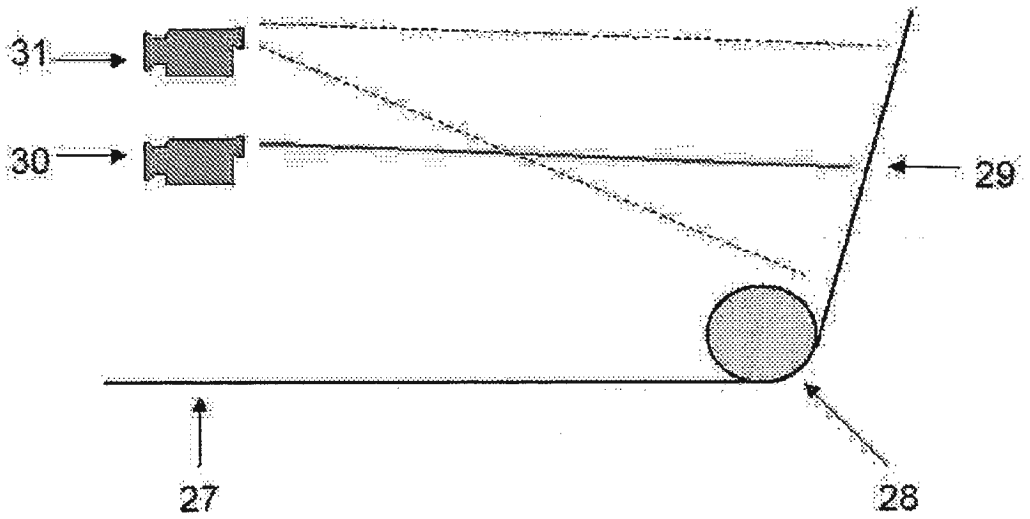

FIG.12

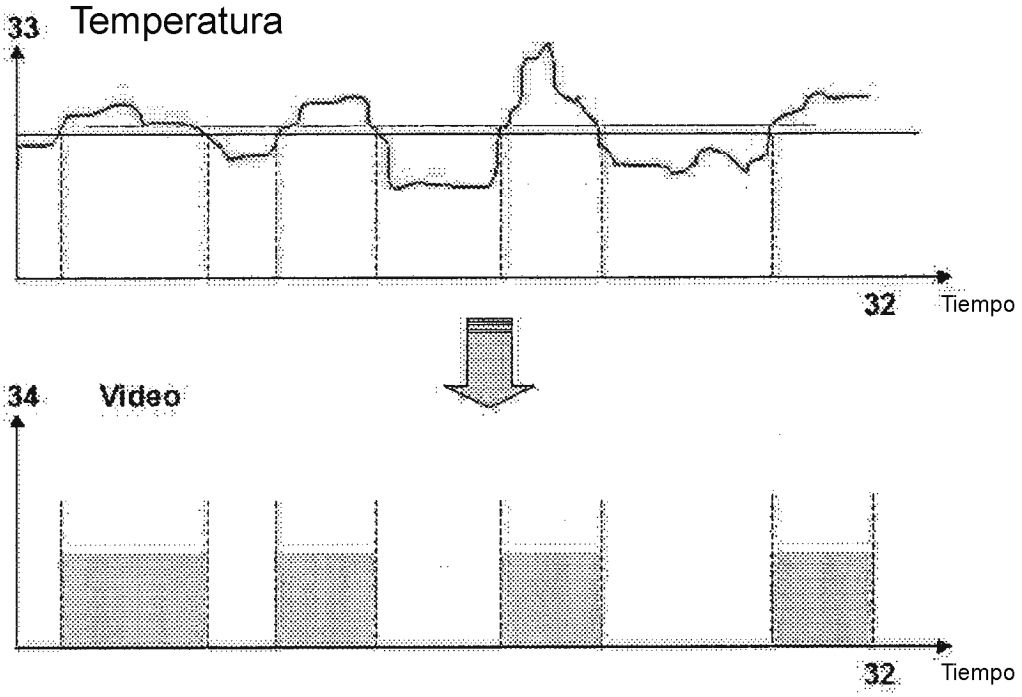

FIG.13