



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 307 023**

51 Int. Cl.:
G05B 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04741271 .3**

86 Fecha de presentación : **26.07.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1658533**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **24.05.2006**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control de una instalación para la elaboración de acero.**

30 Prioridad: **27.08.2003 DE 103 39 766**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2008

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Bürvenich, Hans-Peter;**
Dachtler, Gerhard y
Sörgel, Günter

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 307 023 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para el control de una instalación para la elaboración de acero.

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para el control de una instalación para la elaboración de acero, que presenta determinadas propiedades del material dependientes de la estructura, influenciadas por los parámetros de la instalación, definiéndose estos parámetros de la instalación por medio de un programa de cálculo para la optimización de la estructura.

10 El acero se tiene que fabricar con las propiedades del material deseadas por la clientela. Son propiedades importantes del material de acero, por ejemplo, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento y el alargamiento de rotura. Estas propiedades del material desempeñan un papel importante, cuando el acero se prevé para la embutición profunda, por ejemplo, en la elaboración de chapas de carrocería o latas de bebidas.

15 Las propiedades del material del acero se deducen de su estructura de ligazón, influenciada y especificada, por otra parte, por las regulaciones de producción para el proceso de elaboración.

20 Durante la producción se tiene que garantizar, que la composición química del acero coincida con los respectivos valores nominales. Estos valores nominales corresponden a los porcentajes de concentración, que puedan verificarse mediante un análisis químico de laboratorio.

25 Para producir un acero, que corresponda a las ventajas, es además necesario cumplir determinados parámetros de la instalación. Entre estos parámetros de la instalación se cuentan los valores nominales para la fase de fusión, fundición, de calentamiento, de laminado y de enfriamiento. Puede tratarse además, por ejemplo, de temperaturas, presiones, velocidades o su variación temporal.

Un valor nominal para una determinada proporción de un elemento o un valor nominal para un parámetro de la instalación consiste siempre en un valor objetivo y un valor límite inferior y uno superior, entre los que se encuentra el rango de tolerancia.

30 En acerías o laminadoras es con frecuencia difícil especificar los valores nominales apropiados para la producción, de forma que se obtengan las propiedades deseadas del material en el producto final en condiciones de producción lo más favorables en costes y sin riesgos posible. Los requisitos del cliente, que ha ordenado, por ejemplo, una calidad normalizada del acero para un determinado ámbito de aplicación, tienen que transformarse además, considerando el procedimiento de producción empleado en la acería. Entre estos procedimientos de producción se cuentan las normas de la fábrica para la calidad del acero, así como los valores objetivos y rangos de tolerancia de los pasos individuales de producción.

40 Sin embargo, los valores reales de la producción se desvían en la práctica siempre de los valores nominales del proceso de elaboración. En los pasos subsiguientes se tiene que actuar en contra de las desviaciones de los valores reales de un paso de producción, de forma que se obtengan las propiedades requeridas del material, por ejemplo, el valor mínimo de la resistencia a la tracción. Si no puede seguirse obteniendo este valor, no puede seguirse empleando el material de acero apropiado (la fusión, el desbaste o la bobina) para la aplicación prevista. En este caso, se tiene que comenzar el mecanizado de esta parte de la aplicación de nuevo en el primer paso de producción, lo que conlleva pérdidas financieras y posiblemente también retrasos en el suministro.

50 La especificación de los valores nominales apropiados para la producción la efectúa convencionalmente un departamento de planificación en el contexto de la planificación técnica de órdenes. En encargado emplea diferentes tablas técnicas, almacenadas en un sistema de procesamiento de datos, para convertir la aplicación del cliente en un procedimiento de producción apropiado de la planta, vinculándose este procedimiento de producción con determinados valores nominales.

55 Para el acero se especifican las proporciones de los elementos individuales, que pueden verificarse mediante un análisis químico de laboratorio. Este juego de valores nominales se designa también como grado del acero. Se especifican asimismo los valores nominales para los parámetros de la instalación de los pasos individuales de producción. En la acería se lleva a cabo la elaboración de la fusión y de los desbastes fundidos a partir de ésta. En el horno se calientan los desbastes para el proceso de laminado. En la laminadora en caliente se laminan los desbastes en bobinas, si fuera necesario, se lleva a cabo otro laminado en una laminadora en frío o una mejora cualitativa de las bobinas y, si fuera necesario, una división en formatos menores.

60 Con frecuencia surge el caso de que una determinada orden puede producirse mediante varios juegos alternativos de valores nominales, que se deducen de las tablas. Para obtener las propiedades deseadas, el operario tiene que decidirse por uno de estos posibles juegos de valores nominales, ya que la orden de producción al departamento de producción sólo permite un juego de valores nominales. El operario opta, según su experiencia de producción, por un determinado juego de valores nominales. En estas tablas técnicas, tratadas en el departamento de calidad, se introduce todos los conocimientos prácticos de la compañía respecto al procedimiento de producción. Las nuevas entradas y variaciones en estas tablas resultan de una experiencia de producción de muchos años, así como de producciones de ensayo con juegos de valores nominales modificados gradualmente.

En los pasados años se han desarrollado procedimientos matemáticos para el cálculo de las propiedades del material del acero. Estos procedimientos contienen un modelo físico-metalúrgico del proceso de elaboración y determinar, para cada paso de producción, las variaciones de la estructura de ligazón del acero y calculan, a partir de estas, las propiedades del material.

De este modo se pueden simular pasos individuales de producción en el ordenador. Para los tipos habituales de acero se verificó, que las propiedades calculadas del material coinciden bien con los valores medidos realmente.

Gracias a la EP 0 901 016 A2 se conoce en procedimiento matemático para la determinación de las propiedades de un acero. Una red neuronal debería determinar las magnitudes típicas como el límite de alargamiento, resistencia a la tracción, alargamiento de rotura, dureza, etc.

Gracias a la WO 99/24182 se conoce un procedimiento para el control de una instalación industrial de fabricación para la elaboración de acero o aluminio, en la que se fabrica acero con determinadas propiedades del material dependientes de la estructura, dependiendo las propiedades del material de los parámetros de la instalación, con las que opera la instalación. La especificación de los parámetros de la instalación debería realizarse por medio de un optimizador de la estructura en función de las propiedades deseadas del material del acero. El optimizador de la estructura es un programa de cálculo para la optimización de la estructura, que hace uso de redes neuronales.

Resulta, sin embargo, desfavorable, que la planificación de producción con frecuencia no sea capaz de elaborar un buen programa de producción, es decir, una buena sucesión, ya que se fija un juego de valores nominales por orden de producción. Un ejemplo de esto es la planificación de la fusión, que tiene que reunir muchas órdenes de producción con diferentes grados de acero y dimensiones en fusiones y secuencias, es decir, sucesiones técnicamente compatibles de fusiones. En una fusión sólo se pueden procesar órdenes de un grado del acero y en una secuencia sólo pueden subseguirse fusiones con grados de acero compatibles. En la provisión de órdenes existen con frecuencia muchas órdenes cualitativamente similares con pequeñas cantidades, que tienen sin embargo diferentes grados de acero. Esta situación conduce a menudo a peores programas de producción, ya que el número de fusiones posibles es pequeño en el programa y las fusiones individuales tienen que rellenarse a menudo con las llamadas órdenes de almacenamiento, ya que faltan las órdenes del cliente de las calidades adecuadas.

Resulta también desfavorable, que el departamento de calidad tenga que dedicar mucho dinero y tiempo, para optimizar los juegos de valores nominales respecto a los requisitos de las propiedades del material y los costes de producción. Los muchos ensayos de producción necesarios con juegos de valores nominales modificados y el posterior examen, en cada caso, de las propiedades del material con muestras de laboratorio conllevan un alto coste. Muchos juegos de valores nominales son, por tanto, compromisos de seguridad, teniendo en cuenta los valores objetivos pretendidos y los rangos de tolerancia, que tenían que derivarse de un número insuficiente de ensayos de producción. Mayores rangos de tolerancia y valores objetivos más favorables en costes para determinadas propiedades del material sólo pueden transformarse tras una producción de muchos años.

En principio, los sistemas de regulación de las unidades individuales de producción intentan mantener sus valores nominales para las magnitudes iniciales, también cuando los valores iniciales, es decir, los valores reales de los pasos previos, se desvíen. Cuando un desbaste llega demasiado frío del horno al tren de laminado, el sistema de regulación del tren de laminado intenta, sin embargo, alcanzar su valor nominal para la temperatura final de la banda laminada mediante una variación apropiada de las magnitudes de ajuste del sistema de regulación. Este sólo funciona para valores nominales que sean aún influenciados, por ejemplo, falsas temperaturas o dimensiones, que puedan modificarse hasta un determinado grado. No es posible, sin embargo, modificar aún un acero con un análisis químico falso, es decir, con falsas proporciones de los elementos de aleación, en la siguiente laminadora.

Si no pudieran tolerarse las desviaciones, porque por ejemplo, elementos individuales en el análisis químico dañaran los valores límite, se desearía el producto intermedio actual para esta orden. A través de la planificación de la producción se tiene que postproducir material con alta prioridad, lo que conduce, sin embargo, a retrasos temporales. El material intermedio actual o bien se asocia a otras órdenes adecuadas, o sea, se recalifica, si fuera necesario a órdenes de almacenamiento sin conexión con el cliente, o se extrae de la producción y se pone en almacenamiento intermedio. La última posibilidad es caracterizar el material como escoria metálica y devolverlo de nuevo al circuito de recursos.

La invención se basa, por tanto, en el problema de especificar un procedimiento para el control de una instalación para la producción de acero, que pueda planificar órdenes de manera más flexible y reaccionar de manera más flexible a las desviaciones de los valores nominales.

Para la resolución de este problema, en un procedimiento del tipo citado inicialmente se prevé, que los valores nominales de la composición química del acero se especifiquen al mismo tiempo por medio del programa de cálculo para la optimización de la estructura.

De manera diferente que en los procedimientos conocidos, se especifican por medio del programa de cálculo para la optimización de la estructura, no sólo los parámetros de la instalación, que tengan una influencia sobre las propiedades del material, sino al mismo tiempo también los valores nominales de la composición química del acero. El término "al mismo tiempo" comprende también procedimientos, en los que, por ejemplo, en un primer desarrollo del cálculo se

determinan los valores nominales de la composición química y, a continuación, en un segundo desarrollo del cálculo, los parámetros de la instalación, o viceversa. Los desarrollos individuales del cálculo pueden transcurrir sucesivamente, teniéndose siempre en cuenta los valores nominales de la composición química y los parámetros de la instalación. Para la resolución se dispone, en consecuencia, esencialmente de más grados de libertad, ya que por orden no sólo se puede
5 emplear un único juego de valores nominales fijado anteriormente, sino varios juegos de valores nominales. Hasta ahora no era posible corregir un juego de valores nominales, ya que el operario en una unidad de producción no podía determinar o dar los efectos necesarios entonces a los siguientes pasos de producción. Sin embargo, por medio del programa de cálculo para la optimización de la estructura es posible, calcular en línea los ajustes necesarios del valor nominal para posteriores pasos de producción a partir de los anteriores resultados de producción, considerando las
10 propiedades requeridas del material.

La presente invención se basa en el conocimiento de, en la especificación de los valores nominales, tener en cuenta no sólo el paso individual de producción, sino todo el espacio de posibles soluciones para las variaciones de los valores nominales, para obtener las propiedades requeridas del material. En este espacio de soluciones con valores nominales
15 mutuamente dependientes y lejos unos de otros a través de pasos de producción hay muchos más grados de libertad y correspondientemente posibilidades de resolución que los empleados hasta ahora.

Empleando el programa de cálculo para la optimización de la estructura simultáneamente para la especificación de los valores nominales de la composición química del acero y de los parámetros de la instalación, se puede organizar la
20 planificación de la producción esencialmente de manera más flexible. Puede efectuarse además un control de calidad continuo en línea durante los pasos individuales de producción. Con esta planificación mejorada de la producción se pueden incluir en el cálculo todas las posibles variaciones de los valores nominales, de forma que a partir de la provisión existente de órdenes puedan crearse mejores programas de producción, es decir, secuencias más largas de fusiones y menos órdenes de llenado en las fusiones.

Mediante el procedimiento conforme a la invención se compensan, durante las producción, las desviaciones de los valores reales individuales de los valores nominales mediante el cálculo de las variaciones necesarias de los siguientes valores nominales, de forma que también se puedan tolerar las desviaciones no tolerables hasta ahora. El procedimiento
25 conforme a la invención conlleva consecuentemente que puedan elevarse los rangos de tolerancia para las proporciones de los elementos contenidos en el acero.

Resulta apropiado que los valores nominales de la composición química y, si fuera necesario, los parámetros de la instalación calculados correspondientemente para una determinada aplicación del acero se resuman, en cada caso, en un juego de datos. Como resultado de un cálculo de optimización, el programa de cálculo selecciona y emite un
30 juego de datos para una determinada aplicación del acero, seleccionándose en la planificación de la producción una combinación óptima de juegos de datos para la respectiva aplicación del acero de las órdenes a planificar.

En el procedimiento conforme a la presente invención puede preverse que se comparen los valores reales de la composición química del acero y los valores reales de los parámetros de la instalación con los valores nominales y que se recorra de nuevo el programa de cálculo para la optimización de la estructura en caso de existencia de desviaciones. El resultado de este cálculo puede decir que se seleccione otro juego de valores nominales, que se ajuste mejor a los valores reales. De este modo se eleva considerablemente el número de combinaciones posibles y, en caso de una desviación entre los valores reales y los valores nominales, puede emplearse el producto de acero con toda probabilidad
40 incluso para el propósito intencionado, efectuándose los pasos adicionales de producción con un juego modificado de valores nominales.

Conforme a una ordenación del procedimiento conforme a la invención puede preverse, que a un valor nominal se le asigne un rango de tolerancia situado entre un límite inferior y uno superior y que se recorra de nuevo el programa de cálculo para la optimización de la estructura, en caso de abandono del rango de tolerancia, para la especificación
50 de los valores nominales para la composición química del acero y/o de los parámetros de la instalación.

Puede preverse, que el programa de cálculo para la optimización de la estructura optimice los valores nominales teniendo en cuenta una o varias magnitudes de optimización. Puede resultar apropiado efectuar los cálculos de optimización con el objetivo de minimizar los costes de materiales y/o costes de producción. Por ejemplo, se pueden ahorrar
55 determinados elementos caros de aleación, efectuando determinados pasos de tratamiento a temperaturas variadas.

En el procedimiento conforme a la invención resulta especialmente favorable que, durante y/o después de un paso de producción, el programa de cálculo para la optimización de la estructura efectúe un control de calidad comparando los valores nominales con los valores reales. De este modo puede prescindirse de ensayos de laboratorio relativamente
60 lentos y caros, cuya significatividad se encuentra en muchos casos sólo limitada. Mediante el programa de cálculo para la optimización de la estructura se examinan continuamente todos los productos de acero como fusión, desbaste o bobina, en lo que se refiere a sus propiedades del material y el mantenimiento de los valores nominales verifica, de forma que puedan reducirse los ensayos genuinos de materiales, por ejemplo, en forma de ensayos de tracción, a ensayos ocasionales de control.

Se recomienda, efectuar el control de calidad en una laminadora en caliente en diferentes puntos durante el transcurso de la producción. Para ello resulta especialmente apropiada la unión de los bloques a la orden de producción en el depósito de bloques, la salida del horno de calentamiento, la salida del esbozador y la salida de la devanadora

al final de la línea de producción. El programa de cálculo para la optimización de la estructura calcula, en cada punto de control, las propiedades a esperar del material a partir de los valores reales de la producción hasta entonces conocidos, así como el siguiente proceso con los valores nominales asignados. Si no pudieran obtenerse las propiedades requeridas del material en los siguientes pasos con los valores nominales actuales, el optimizador de la estructura intentaría automáticamente un ajuste del valor nominal. Si el cálculo proporciona un resultado positivo, el control de calidad activa el ajuste de los valores nominales. Si el cálculo no proporciona ningún resultado, el control de calidad busca, con ayuda del programa de cálculo para la optimización de la estructura, en las listas de valores nominales de la provisión de órdenes un juego de valores nominales favorable en costes y ajustado y vincula el material intermedio a esta orden. De este modo se especifican también nuevos valores nominales para los siguientes pasos de producción.

Puede preverse, que el procedimiento conforme a la invención está acoplado con la planificación de la producción de la instalación para la producción de acero. La planificación de la producción y el control de calidad son módulos del sistema de control de la producción (sistema de ejecución de la fabricación o Manufacturing Execution System). Correspondientemente, el procedimiento conforme a la invención puede estar también directamente acoplado con el sistema de control de la producción de la instalación para la producción de acero.

La presente invención hace también referencia a un dispositivo para la ejecución del procedimiento descrito para el control de una instalación para la producción de acero. Se prevé además, conforme a la invención, que el programa de cálculo para la optimización de la estructura esté diseñado al mismo tiempo para definir los valores nominales de la composición química del acero y los parámetros de la instalación ajustados.

Otras ventajas y detalles de la invención se deducen del ejemplo de ejecución descrito en lo sucesivo, así como de los dibujos. Además muestra:

Fig. 1 una representación esquemática del modo de operación del optimizador de la estructura;

Fig. 2 la variación de las propiedades mecánicas de un acero en función de la temperatura y del contenido elemental;

Fig. 3 la cooperación del optimizador de la estructura con un sistema de control de la producción;

Fig. 4 un diagrama de flujo con los pasos procedimentales individuales;

Fig. 5 la ejecución del control de calidad durante la producción; y

Fig. 6 la determinación de los valores nominales óptimos para toda la ruta de producción.

La Fig. 1 es una representación esquemática del modo de operación del optimizador de la estructura durante la optimización de los costes de aleación. El programa de cálculo para la optimización de la estructura, designado en lo sucesivo como optimizador de la estructura 1, obtiene valores nominales 2 para la composición química y valores nominales 3 de los parámetros de la instalación del proceso nominal. Los valores nominales 2, 3 ofrecen conjuntamente un llamado grado del acero, que se basa en las experiencias y contiene todas las informaciones necesarias para la producción de la respectiva orden. Las propiedades del material del acero producido son influenciadas por los parámetros de la instalación del instalación; entre estas se cuentan las temperaturas de tratamiento y presiones y, si fuera necesario, también sus derivadas temporales. En el optimizador de la estructura 1 se implementan modelos matemáticos, que simulan el comportamiento del material y se determinan, para cada paso de producción, las variaciones de la estructura de ligazón del acero. El optimizador de la estructura 1 puede operar también con el método de las redes neuronales. Como resultado, el optimizador de la estructura 1 proporciona, tras la ejecución de los cálculos de optimización, valores nominales 4 modificados para la composición química del acero, que hacen posible una producción más favorable en costes en comparación con los valores nominales 2. Se puede intentar, por ejemplo, reducir los materiales de aleación relativamente caros como niobio, manganeso o titanio, sin que surja un empeoramiento de las propiedades del material. A los valores nominales modificados para la composición química se les acoplan los valores nominales modificados 5 para los procesos de producción. Los valores nominales 4, 5 forman en conjunto un juego de valores nominales, que será la base para la producción.

La Fig. 2 muestra la variación de las propiedades mecánicas de un elemento en función de la temperatura y del contenido elemental.

El optimizador de la estructura 1 debería optimizar, es decir, minimizar, los costes de producción. Una de las posibilidades de reducción de los costes consiste en reducir el contenido elemental de un determinado elemento químico, particularmente de un elemento de aleación. Sobre el eje horizontal se indica, en la Fig. 2, el contenido elemental de un determinado elemento. Sobre el eje vertical se indica la temperatura. Las líneas 6 dibujadas en la Fig. 2 indican combinaciones del contenido elemental y de la temperatura con la misma propiedad mecánica. Un determinado acero se producía hasta ahora con el contenido elemental indicado por el punto 7. Se sabe, sin embargo, que la propiedad señalada en la Fig. 2, que puede ser, por ejemplo, la resistencia, permanece constante, si se desplaza el punto 7 en la dirección de la flecha al punto 8. Esto significa en la práctica significa que el contenido del respectivo elemento de aleación puede reducirse, teniendo que elevarse al mismo tiempo el valor nominal de la temperatura para un determi-

nado paso de producción. Como resultado de la reducción de la proporción de este elemento se origina una reducción de costes, conservándose iguales las propiedades mecánicas del acero.

La Fig. 3 muestra la cooperación del optimizador de la estructura 1 con un sistema de control de la producción. El sistema de control de la producción 9, designado también como Manufacturing Execution System (MES), comprende, entre otros, la planificación de la producción y el control de calidad. El monitor de la estructura es un módulo de cálculo, que mediante los datos introducidos calcula las propiedades del material como la resistencia o límite de alargamiento. De este modo se pueden sustituir considerablemente las muestras de laboratorio costosas en tiempo. Si tras la ejecución de un cálculo del monitor de la estructura se constata, que no puede conservarse una propiedad mecánica, el optimizador de la estructura 1 analiza si el respectivo producto de acero puede tratarse aún mediante una variación de los valores nominales, de forma que se encuentre dentro de las tolerancias. Los valores reales 10, que son magnitudes de entrada para el monitor de la estructura o para el optimizador de la estructura 1, abarcan las proporciones de los elementos químicos individuales, temperaturas de proceso, etc. Como valores nominales 11 se emiten los parámetros de la instalación y del proceso, que serán la base para los pasos de producción adicionales.

Mediante el acoplamiento del optimizador de la estructura 1 al plano del sistema de control de la producción 9 se puede obtener una reducción de costes, ya que para la producción se emplean grados de acero optimizados. En el examen de calidad de las bobinas puede ahorrarse tiempo, ya que el monitor de la estructura sustituye considerablemente las muestras de laboratorio. Sin embargo, se calculan las propiedades del material para cada bobina, de forma que se reduzca la probabilidad de errores. Otra ventaja ha de verse en el hecho de que se disponga de más grados de libertad durante la planificación de la producción. Hasta ahora existía para cada orden un único grado normalizado del acero con valores nominales preestablecidos para el laminado y enfriamiento. En contraste, en el procedimiento conforme a la invención se dispone de varios parámetros por aplicación, que satisfacen, en cada caso, las propiedades requeridas del material. Cada parámetro consiste en el estándar de fábrica que indica el grado del acero incluyendo los valores nominales para el laminado y enfriamiento. De los parámetros varios, el optimizador de la estructura 1 puede calcular y seleccionar aquel, que origine los costes de producción menores.

La planificación de órdenes proporciona a la planificación de la fusión, para cada orden, una lista de estándares de fábrica alternativos para la obtención de las propiedades del material y adicionalmente valores nominales adecuados para ello, calculados por el optimizador de la estructura. De este modo se originan muchos más grados de libertad para la planificación de las fusiones. Se pueden formar mayores secuencias, se reduce el número de cambios de grados de acero. Pueden reducirse asimismo los órdenes de llenado en las fusiones. La producción puede efectuarse con un número menor de grados de acero, compensándose las propiedades específicas de la orden mediante las regulaciones de laminado y enfriamiento calculadas. La planificación de órdenes proporciona a la planificación de la fusión más órdenes con el mismo grado del acero para la obtención de mejores programas de producción. El optimizador de la estructura calcula los valores nominales apropiados para las propiedades del material específicas de la orden.

La Fig. 4 muestra un diagrama de flujo con los pasos procedimentales individuales en el ejemplo de una laminadora en caliente.

Antes del inicio de la producción se optimizan los costes relativos al análisis químico fuera de línea. El resultado de esta optimización puede emplearse en el paso procedimental 12, para modificar los datos básicos del sistema de control de la producción. La planificación de órdenes 13 puede ofrecer a la planificación de la fusión una amplia selección de grados de acero por orden para la planificación. La planificación de la fusión optimiza, en el plan de producción, los costes relativos a las propiedades del material. Se lleva a cabo un control de calidad en línea 15, en el que o bien se conserva la asociación de un desbaste a una orden o se recalifica el desbaste en línea. Otro control de calidad en línea 16 se lleva a cabo tras el calentamiento en el horno o del laminado en la esbozadora. Tras otro control de calidad en línea 17 después de la devanadora puede liberarse inmediatamente la bobina, concluyendo el procedimiento.

La Fig. 5 muestra la ejecución del control de calidad durante la producción.

Los datos actuales del proceso llegan del horno o de la esbozadora 18 al sistema de control de la producción (MES) 9. En paso 19 se examina si pueden obtenerse las propiedades requeridas del material. Si resultado es "sí", se continúa la producción con los valores nominales actuales. Si resultado es "no", se tiene que efectuar un ajuste de los valores nominales de la orden en el paso 20. El sistema de control de la producción 9 coopera para ello con el monitor de la estructura y optimizador de la estructura 1 y obtiene valores nominales modificados. En base a los valores nominales modificados, en el paso procedimental 21 se investiga si puede obtenerse la resistencia con los valores nominales modificados. Cuando pueda alcanzarse la resistencia, la producción se efectúa con los valores nominales modificados. Si la resistencia no puede alcanzarse, se emite un requisito de asociación, para asociar el desbaste a otra orden. Si se reduce el número de asociaciones, puede conservarse aún, en muchos casos, el desbaste para la presente orden, mediante la modificación de los valores nominales. Aquellos desbastes o bobinas, que no sean apropiados para la presente orden, se descombinarán inmediatamente, sin que se efectúen pasos ulteriores de producción.

La Fig. 6 muestra en un diagrama la determinación de los valores nominales óptimos para toda la ruta de producción.

Mediante el procedimiento se determinan los valores nominales óptimos para toda la ruta de producción, modelándose aritméticamente y simulándose las operaciones individuales y pasos individuales de tratamiento del transcurso

ES 2 307 023 T3

de la fabricación. El análisis químico 22, cuyos resultados son variables de entrada para la fundición continua 23, es la base para el cálculo de optimización. A esto le siguen el laminado en frío 24 y en caliente 25. Tras el laminado en frío sigue un proceso de recocido 26 para la mejora de la ligazón. Todos los pasos individuales de tratamiento influyen en el modelo matemático del optimizador de la estructura 1, de forma que éste pueda determinar los valores nominales óptimos considerando todo el transcurso de la producción. Si el optimizador de la estructura 1 está acoplado, por otra parte, con el sistema de control de la producción (MES) 9, puede controlarse correspondientemente la producción en función de los resultados del optimizador de la estructura 1. En total, mediante el procedimiento pueden ahorrarse considerables costes energéticos y de materiales. Adicionalmente se construye el conocimiento experto a lo largo de todo el proceso.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el control de una instalación para la elaboración de acero, que presenta determinadas propiedades del material dependientes de la estructura, influenciados por los parámetros de la instalación, definiéndose estos parámetros de la instalación por medio de un programa de cálculo para la optimización de la estructura, **caracterizado** porque al mismo tiempo se especifican los valores nominales de la composición química del acero por medio del programa de cálculo para la optimización de la estructura.
- 10 2. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque los valores nominales de la composición química y, si fuera necesario, los parámetros de la instalación calculados correspondientemente para una determinada aplicación del acero se resumen, en cada caso, en un juego de datos.
- 15 3. Procedimiento acorde a la Reivindicación 2, **caracterizado** porque, en la planificación de la producción, el programa de cálculo para la optimización de la estructura selecciona una combinación óptima de juegos de datos para la respectiva aplicación del acero de las órdenes a planificar.
- 20 4. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque los valores reales de la composición química del acero y los valores reales de los parámetros de la instalación se comparan con los valores nominales y el programa de cálculo para la optimización de la estructura se recorre de nuevo en caso de existencia de desviaciones.
- 25 5. Procedimiento acorde a la Reivindicación 4, **caracterizado** porque a un valor nominal se le asigna un rango de tolerancia situado entre un límite inferior y uno superior y el programa de cálculo para la optimización de la estructura se recorre de nuevo, en caso de abandono del rango de tolerancia, para la especificación de los valores nominales para la composición química del acero y/o para los parámetros de la instalación.
- 30 6. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque el programa de cálculo para la optimización de la estructura especifica los valores nominales con el objetivo de minimizar los costes de materiales y/o costes de producción.
- 35 7. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque el programa de cálculo para la optimización de la estructura efectúa un control de calidad, durante y/o después de un paso de producción, comparando los valores nominales con los valores reales.
- 40 8. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7, **caracterizado** porque el control de calidad se efectúa en una laminadora en caliente durante la unión de los bloques a la orden de producción en el depósito de bloques y/o a la salida de un horno de calentamiento y/o a la salida del esbozador y/o de la devanadora al final de una línea de producción.
- 45 9. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque el programa de cálculo para la optimización de la estructura verifica, si las propiedades requeridas del material pueden obtenerse en los siguientes pasos de producción con los valores nominales actuales.
- 50 10. Procedimiento acorde a la Reivindicación 9, **caracterizado** porque el programa de cálculo ajusta los valores nominales, cuando no puedan alcanzarse las propiedades requeridas del material en los siguientes pasos de producción con los valores nominales actuales.
- 55 11. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** por estar acoplado con la planificación de la producción de la instalación de producción de acero.
12. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** por estar acoplado con el sistema de control de la producción de la instalación de producción de acero.
13. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque mediante las variaciones calculadas de los parámetros de la instalación durante la especificación de un grado del acero para una orden se reduce el número de grados de acero de una planta.
- 60 14. Procedimiento conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, **caracterizado** porque mediante la variación de los parámetros de la instalación se elevan los rangos de tolerancia para los elementos químicos de los grados de acero.
- 65 15. Dispositivo para la ejecución del procedimiento para el control de una instalación para la elaboración de acero conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, que presenta determinadas propiedades del material dependientes de la estructura, influenciados por los parámetros de la instalación, definiéndose estos parámetros de la instalación por medio de un programa de cálculo para la optimización de la estructura, **caracterizado** porque el programa de cálculo para la optimización de la estructura está también diseñado para definir el valores nominales de la composición química del acero.

FIG 1

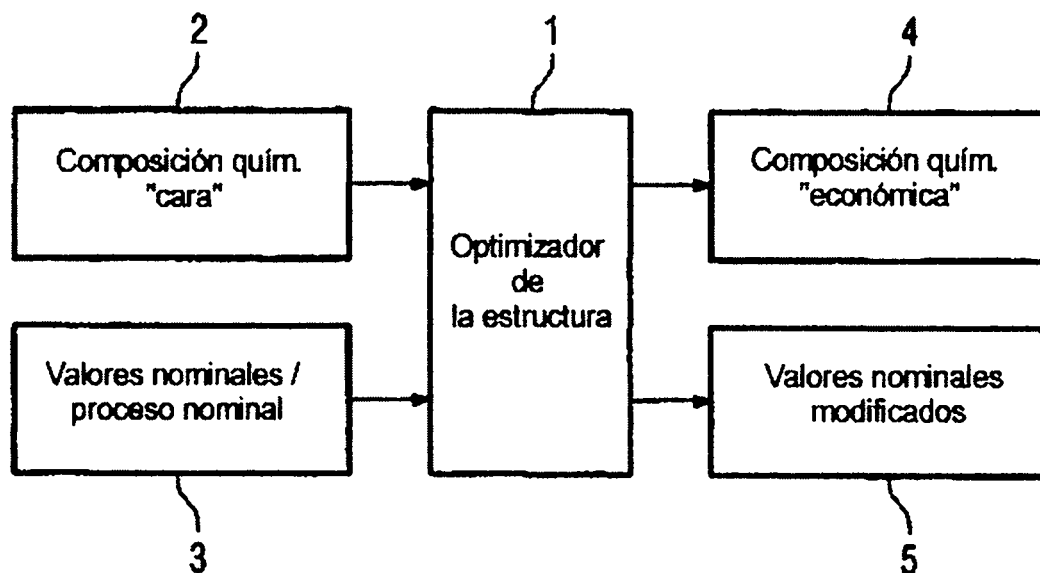


FIG 2

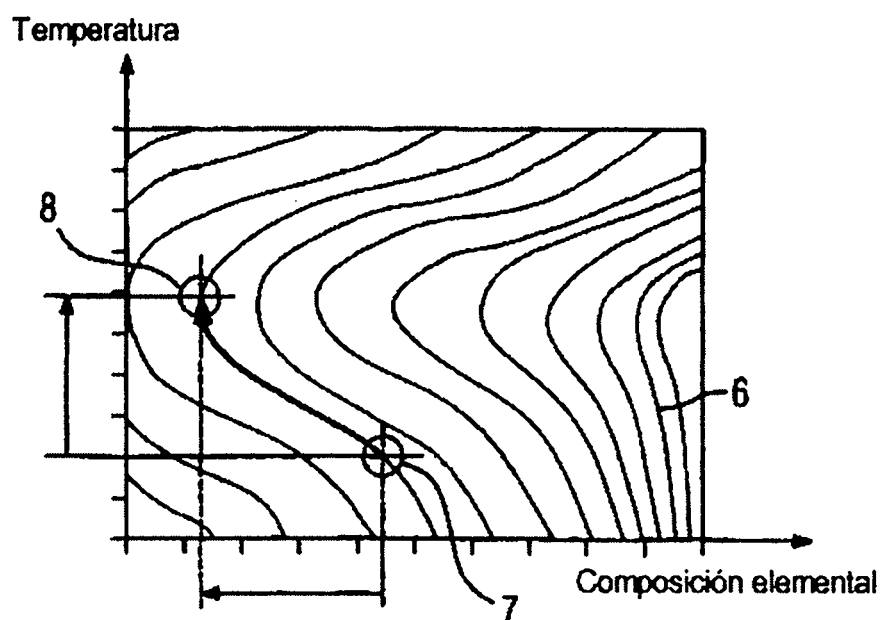


FIG 3

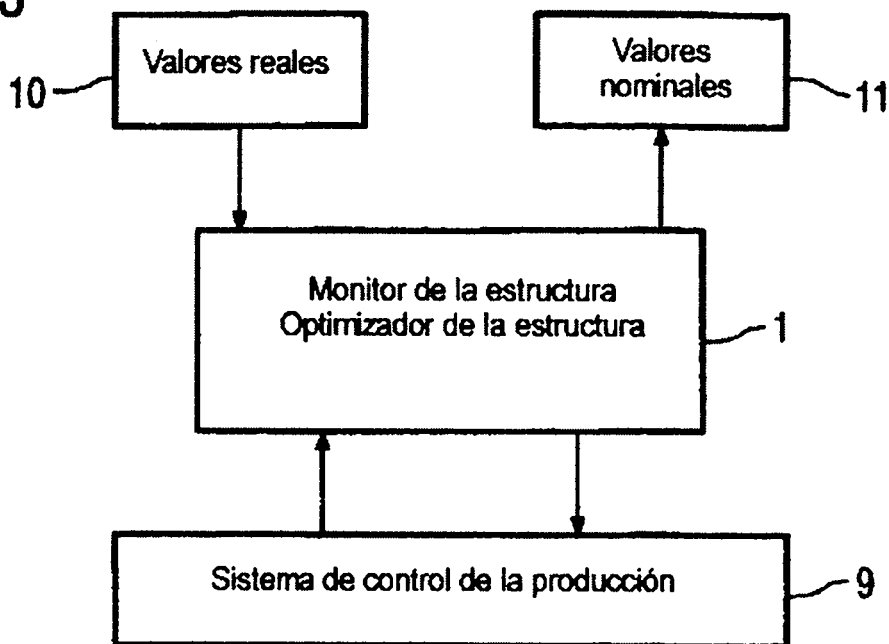


FIG 4

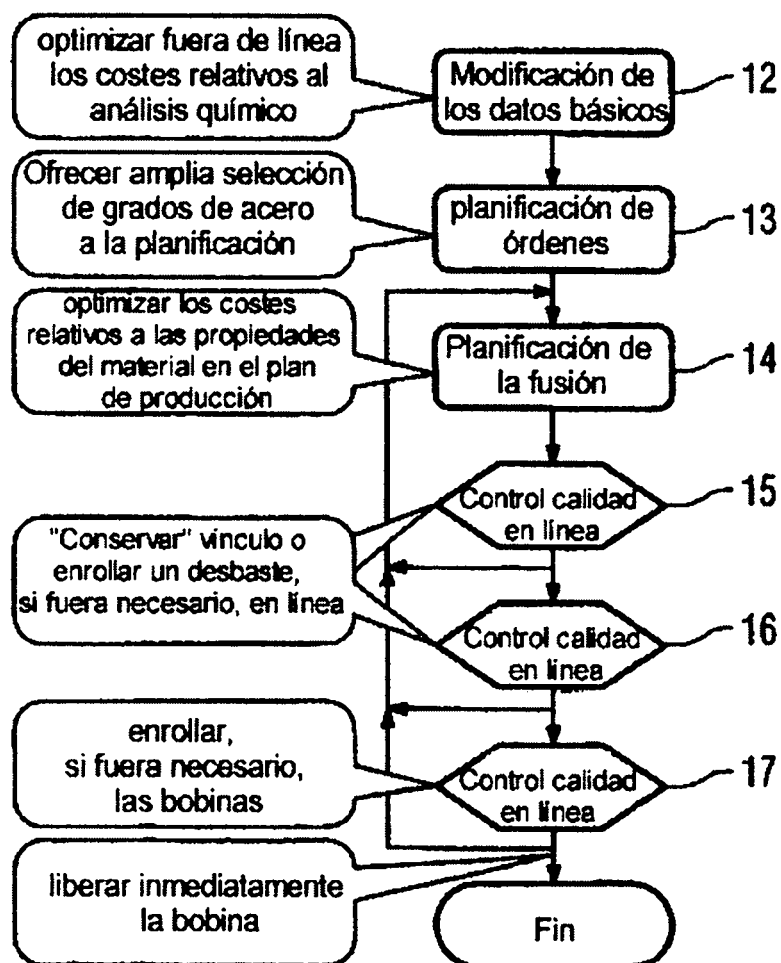


FIG 5

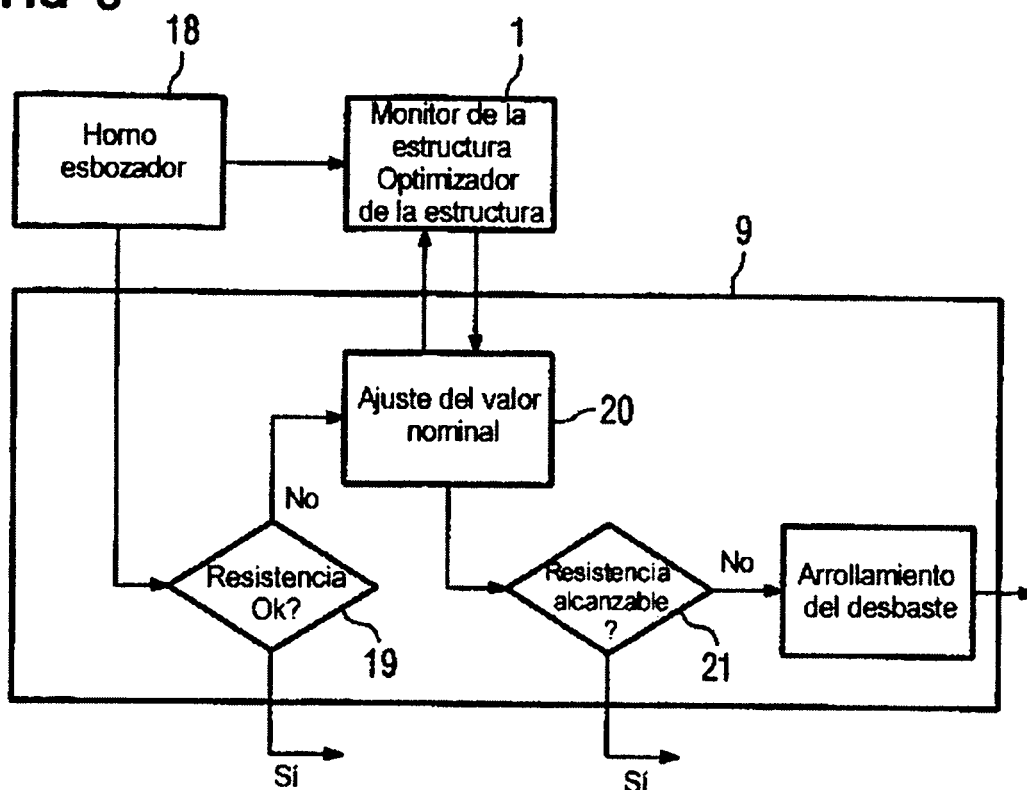


FIG 6

