

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 399**

51 Int. Cl.:

G01J 5/02 (2006.01)

G01K 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2001 E 01973371 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 1327352**

54 Título: **Observación digital de electrodos**

30 Prioridad:

25.09.2000 US 669199

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

09.12.2015

73 Titular/es:

**GRAFTECH INTERNATIONAL HOLDINGS INC.
(100.0%)
6100 Oak Tree Boulevard
Independence, Ohio 44131, US**

72 Inventor/es:

GERHAN, RONALD ERIC

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 553 399 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

Observación digital de electrodos

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas para observar y registrar datos con respecto a un artículo y, más particularmente, pero no necesariamente a modo taxativo, a un sistema para registrar fotografías digitales de una colilla de un electrodo utilizado en un horno eléctrico de arco para registrar la condición del electrodo.

Descripción de la técnica anterior

10 Una técnica actualmente utilizada para la fabricación de acero es el uso de un horno eléctrico de arco que opera como un proceso de fusión por lotes que produce lotes de acero fundido conocidos como caldas. El horno eléctrico de arco opera en un ciclo que incluye los pasos de carga, fusión, refinado, descorificación, perforación y apagado programado del horno. Las operaciones del horno eléctrico de arco moderno tienen un tiempo entre coladas de aproximadamente 60 minutos o menos.

15 Uno de los elementos más importantes en el circuito eléctrico que proporciona la energía para fusionar la chatarra de acero en el horno eléctrico de arco es el electrodo o electrodos de grafito. Estos electrodos proporcionan la energía eléctrica al horno en la forma de un arco eléctrico entre los electrodos y la chatarra de acero y otros materiales que forman la carga del horno que será fusionada. Los electrodos están disponibles en dos formas: carbono amorfo y grafito o grafito. Los electrodos de grafito se utilizan típicamente en la fabricación de acero moderna.

20 Los electrodos de grafito son consumidos continuamente durante el proceso de calentamiento en el horno eléctrico de arco. Históricamente, el consumo de electrodos ha sido tan alto como 12 a 14 libras de grafito por tonelada de acero.

25 Los electrodos son proporcionados en secciones cilíndricas que tienen conexiones roscadas formadas en cada extremo de los mismos. Las secciones roscadas están unidas para formar una columna de varias secciones de electrodos, la columna de electrodos es colocada de manera regulable dentro del horno por un brazo de soporte de electrodos móvil que puede subir o bajar la columna de electrodos y puede girar para alejar la columna de electrodos del horno.

Los electrodos están comúnmente disponibles en tamaños de 15 a 30 pulgadas en diámetro y en diversas longitudes de hasta aproximadamente 10 pies.

30 En un horno eléctrico de arco de CA, habrá tres conjuntos de columnas de electrodos. En un horno eléctrico de arco de CD, habrá una o dos columnas de electrodos.

Durante la operación de fabricación de acero, la columna o columnas de electrodos se retiran típicamente del horno al final de cada calda, y luego pueden retirarse del horno durante una calda para agregar materiales de carga adicionales al horno.

35 Históricamente, el rendimiento de las columnas de electrodos ha sido medido sólo de modo general, tal como totales mensuales acumulativos, para proporcionar números tales como las libras de grafito requeridas por tonelada de acero durante la operación a largo plazo de la planta siderúrgica.

La condición física de la columna de electrodos ha sido visualmente observada durante aquellas instancias en las que la columna de electrodos se retira del horno, y datos anecdóticos ocasionales pueden observarse y registrarse manualmente para describir la condición observada de la columna de electrodos.

40 En el documento JP 02306137 A, el desgaste de un electrodo se determina mediante la medición del peso de un soporte de electrodos.

Más aun, no se ha realizado ningún intento de rastrear la identidad de una sección de electrodo dada de modo que su rendimiento observado pueda correlacionarse con varios datos históricos, tales como parámetros de funcionamiento del horno o procesos de fabricación.

45 Por consiguiente, existe una necesidad en la técnica de sistemas capaces de monitorear y registrar viablemente la condición de la columna de electrodos de modo de permitir un análisis posterior y optimización de varios parámetros de funcionamiento para el horno y procesos de fabricación asociados con el control de calidad.

Compendio de la invención

50 La presente invención proporciona métodos y un aparato para registrar información con respecto a la condición de los electrodos en un horno eléctrico de arco. Se proporciona una cámara digital en una posición consistente con

respecto a una estación de fotografía, tal como un soporte de deslizamiento del horno eléctrico de arco. Periódicamente, cuando la columna de electrodos se retira del horno, la colilla de la columna de electrodos se coloca sobre el soporte de deslizamiento y la columna de electrodos se fotografía con la cámara digital. Las fotografías digitales pueden almacenarse entonces para su análisis posterior.

- 5 Preferiblemente, el sistema también incluye medios por los cuales la identidad de una sección de electrodo dada, que comprende la colilla que se muestra en una fotografía dada, puede identificarse y rastrearse a través de su proceso de fabricación y su posterior entorno operativo, de modo que la condición observada del electrodo puede correlacionarse entonces con uno o más de aquellos eventos históricos para ayudar a lograr un control de calidad mejorado y una optimización del proceso de fabricación de electrodos y del proceso de fabricación de acero.
- 10 Se proporciona un sistema único para definir y asignar valores numéricos a una pluralidad de condiciones defectuosas recurrentes. Los valores numéricos se asignan preferiblemente en una serie numérica clasificada que se construye de modo que cada valor de la suma posible para las condiciones presentes en un electrodo dado corresponde a una única combinación de condiciones definidas. La serie numérica es preferiblemente una serie binaria.
- 15 Es, por lo tanto, un objeto de la presente invención proporcionar métodos mejorados y un aparato para observar y registrar datos que corresponden a la condición de una columna de electrodos en un horno eléctrico de arco.

Otro objeto de la presente invención es la provisión de sistemas únicos para definir y registrar las condiciones defectuosas observadas utilizando valores numéricos representativos de las condiciones observadas.

- 20 Otro objeto adicional de la presente invención es la provisión de sistemas que permiten el posterior análisis de datos registrados para su uso para optimizar procesos de fabricación y procesos operativos asociados con los electrodos.

Otros objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención serán fácilmente evidentes para un experto en la técnica tras leer la siguiente divulgación cuando se toma en conjunto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 25 La Fig. 1 es una vista esquemática en planta de un horno eléctrico de arco de CA que tiene tres columnas de electrodos ubicadas en el mismo. Adyacente al horno se ilustra esquemáticamente un soporte de deslizamiento, una plataforma de observación, dos cámaras digitales y un ordenador para registrar las imágenes digitales de la cámara y otros datos asociados.

La Fig. 2 es una vista parcialmente dividida en elevación esquemática de un horno eléctrico de arco y una columna de electrodos ubicada en el mismo, junto con el mástil y el brazo de soporte de electrodos asociados.

- 30 La Fig. 3 es una ilustración esquemática similar a la Fig. 2 que muestra la columna de electrodos movida por el brazo de soporte de electrodos en una posición para tomar fotografías en un soporte de deslizamiento.

La Fig. 4 comprende un arreglo de ilustraciones esquemáticas representativas de una pluralidad de condiciones de fallas predefinidas y en forma tabulada asociada con las mismas se proporciona una serie de valores numéricos asignados y definiciones de condiciones.

- 35 La Fig. 5 es una ilustración fotográfica de una de las fotografías digitales de una colilla de electrodo que ilustra un anillo parcial, una ruptura del manguito superior, una fractura del manguito inferior y una fractura del manguito superior.

La Fig. 6 es una ilustración fotográfica de la colilla de una sección de electrodo.

- 40 La Fig. 7 es una segunda vista posterior de la colilla de la sección de electrodo de la Fig. 6, después de que la colilla ha sido parcialmente erosionada durante el funcionamiento.

La Fig. 8 es una tercera vista secuencial de la colilla de las Fig. 6 y 7, luego de erosión adicional.

La Fig. 9 es una ilustración fotográfica de la Fig. 8 encima de la Fig. 7 para ilustrar el modo en el cual puede calcularse el volumen de consumo de electrodos entre caldas.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- 45 Ahora haciendo referencia a los dibujos, y particularmente a la Fig. 1, se muestra el sistema para crear registros fotográficos de la columna de electrodos de un horno eléctrico de arco y se designa en general con el número **10**.

- 50 Un horno eléctrico de arco **12** se muestra en vista en planta. Un revestimiento del horno circular **14** está ubicado por encima de una plataforma de trabajo **16**. La primera, segunda y tercera columnas de electrodos **18**, **20** y **22** están soportadas en su sitio dentro del revestimiento del horno **14** por el primer, segundo y tercer brazo de soporte de electrodos o brazo portador **24**, **26** y **28**.

Ubicado adyacente al horno **12** hay un soporte de deslizamiento **30**. Como comprenderá un experto en la técnica, cada uno de los brazos de soporte de columnas de electrodos **24**, **26** y **28** puede girarse con respecto al horno **12** de modo que el electrodo asociado puede estar ubicado por encima del soporte de deslizamiento **30** y luego bajarse al soporte de deslizamiento **30** como se ilustra mejor en la Fig. 3.

5 Haciendo referencia ahora a la Fig. 3, un ejemplo de un brazo de soporte de electrodos **24** y aparato estructural asociado para mover la columna de electrodos **18** se ilustra esquemáticamente. El brazo de soporte de electrodos **24** se apoya sobre un mástil **32**. Un motor eléctrico **34** acciona un tambor giratorio **36** sobre el cual se enrolla un cable **38** que se extiende pasando por los rodillos inferiores **40** y **42**. Mientras el cable de soporte del mástil **38** se enrolla o desenrolla sobre el tambor **36**, el mástil **32** subirá o bajará, respectivamente, con respecto al revestimiento del horno **14**, subiendo y bajando así el brazo del soporte de electrodos y la columna de electrodos **18**. El brazo de soporte de electrodos **24** también puede girar alrededor del mástil **32** de modo que la columna de electrodos **18** puede girarse a una posición como se muestra en la Fig. 3 en donde el extremo **44** de la columna de electrodos **18** está en su sitio sobre el soporte de deslizamiento **30**. El soporte de deslizamiento **30** es comúnmente utilizado para soportar la columna de electrodos **18** cuando el brazo de electrodos **24** está siendo reposicionado sobre la columna de electrodos **18**. Como comprenderá un experto en la técnica, el brazo de electrodos transporta una abrazadera para electrodos **46** en su extremo distal, que puede liberarse de la columna de electrodos **18** y moverse a una nueva posición sobre la columna de electrodos **18**, de modo de ajustar posteriormente la profundidad a la cual la columna de electrodos **18** se inserta en el revestimiento del horno.

Otro método para ajustar la posición de la columna de electrodos **18** consiste en suspender la columna de electrodos **18** desde una grúa (no se muestra) unida a su extremo superior. Luego la abrazadera **46** puede abrirse y reposicionarse mientras la columna de electrodos es mantenida en su sitio por la grúa.

Aunque en las Figs. 2 y 3 se ilustra un mástil tipo cable, el mástil también puede controlarse mediante cilindros hidráulicos o cualquier otro mecanismo adecuado para proporcionar un movimiento vertical y pivotante del brazo de electrodos **24** para controlar la posición de la columna de electrodos **18** dentro del horno **12** y para retirar la columna de electrodos **18** del horno **12** según sea necesario durante el funcionamiento del horno.

El horno **12** también incluye un techo **48**. Durante un retiro típico de las columnas de electrodos entre las caldas, el techo **48** puede retirarse intacto con las columnas de electrodos. Asimismo, ocasionalmente, las columnas de electrodos pueden retirarse completamente a través del techo **48**.

Cada una de las columnas de electrodos, tales como la columna **18**, está compuesta por una pluralidad de secciones de electrodos, en este caso los segmentos **50**, **52** y **54**.

Como se ilustra en la Fig. 2, cada sección de electrodo incluye un manguito roscado **56** en su extremo inferior y un manguito roscado **58** en su extremo superior. Una espiga roscada **60** que está roscada en ambos manguitos **56** y **58** proporciona una conexión física y eléctrica segura entre las secciones de electrodos adyacentes.

El horno eléctrico de arco **12**, el soporte de deslizamiento **30** y los diversos aparatos que soportan las columnas de electrodos **18**, **20** y **22**, descritas hasta este punto en la memoria descriptiva, son todos parte de la técnica anterior y están presentes en cualquier operación con horno eléctrico de arco convencional.

Cada uno de los brazos, tales como brazo de electrodos **24**, puede describirse como móvil a través de un rango entre una posición que se muestra en la Fig. 2 en donde la columna de electrodos está en su sitio dentro del horno **12** y una posición como la que se muestra en la Fig. 3 en donde la columna de electrodos está apoyada sobre el soporte de deslizamiento. El soporte de deslizamiento **30** puede describirse como ubicado dentro de ese rango, de modo que el brazo de electrodos **24** puede colocar la columna de electrodos **18** sobre el soporte de deslizamiento **30**, que en el sistema **10** servirá como una estación de fotografía **30**. De manera similar, el brazo de electrodos **24** puede mover la columna de electrodos a la posición de la grúa (no se muestra) descrita anteriormente, que también sirve como una estación de fotografía.

Como se muestra en la Fig. 1, el sistema **10** incluye una primera cámara digital **62** que está ubicada en una posición fija con respecto a la estación de fotografía **30**. Preferiblemente, la primera cámara digital **62** está ubicada dentro de un área cerrada comúnmente denominada plataforma de observación **64**, dentro de la cual el operador humano que está observando el funcionamiento del horno está típicamente ubicado. Por lo tanto, la primera cámara **62** observa la estación de fotografía **30** a través de una ventana transparente **66** que protege la cámara **62** del calor del horno **12**.

Al mantener la primera cámara **62** en una posición fija con respecto al soporte de deslizamiento **30**, y al colocar consistentemente las columnas de electrodos **18**, **20** o **22** que serán fotografiadas en una posición consistente en el centro del soporte de deslizamiento **30**, las fotografías digitales que son tomadas del extremo de cada columna de electrodos serán de la misma escala, de modo que las mediciones de longitud de la colilla, diámetro de la colilla y similares puede determinarse aplicando una escala común para mediciones tomada de las propias fotografías. Se comprenderá que dicha escala puede determinarse fácilmente colocando simplemente un artículo en la estación de fotografía **30**, tomando una fotografía digital, luego midiendo las dimensiones del artículo físico y comparándolas con las dimensiones en la fotografía. Luego siempre que se mantengan los ajustes de la cámara, las fotografías

posteriores tomadas con la misma cámara de objetos en la misma ubicación pueden compararse utilizando la misma escala.

Aunque el soporte de deslizamiento **30** ha sido descrito en la presente como la estación de fotografía preferida, se apreciará que podría utilizarse cualquier otra ubicación repetible de la columna de electrodos. La columna de electrodos podría suspenderse desde una grúa como se describió anteriormente. Asimismo, si se proporciona control suficientemente preciso de los brazos de soporte, las columnas de electrodos podrían simplemente retirarse del horno y mantenerse en una ubicación identificable en el espacio. Por ejemplo, las fotografías que se muestran en las Figs. 5-9 fueron tomadas con la columna de electrodos elevada 18 pulgadas sobre el soporte de deslizamiento, para acomodar la posición de la cámara **68**. El soporte de deslizamiento, la grúa o la ubicación identificable en el espacio pueden servir como la estación de fotografía.

El sistema **10** también incluye un ordenador **68** que incluye una sección de memoria en la cual se almacena una base de datos que incluye copias digitales de las diversas fotografías. Los datos digitales que representan las imágenes registradas por la cámara **62** pueden transferirse desde la cámara **62** al ordenador **68** en una variedad de maneras que se ilustran esquemáticamente mediante la conexión **70**. Las imágenes de hecho pueden transmitirse a través de un cable de comunicación como se representa por **70**. Esta transmisión de datos puede ser a través de cualquier formato de transmisión de video estándar, incluyendo video compuesto, video S, RGB o cualquier otro formato disponible. La señal de video es transportada a través del cable **70** a una tarjeta digitalizadora de video interna en el ordenador **68**, que convierte la señal de video y la almacena como una imagen digital en la memoria del ordenador. La tarjeta digitalizadora de video puede, por ejemplo, ser un Flashbus MVPPro, comercializada por Integral Technologies de Indianápolis, Indiana. En una forma más rudimentaria de la invención, las imágenes pueden registrarse en un dispositivo de memoria, tal como un disquete o CD u otro dispositivo similar, el cual puede moverse entonces físicamente a un dispositivo de entrada asociado con el ordenador **68**. Por ejemplo, el disquete puede estar ubicado dentro de una unidad de disquetes del ordenador **68** y la lectura de datos de la misma en la memoria del ordenador. Se apreciará que en su sentido más amplio la presente invención implica cualquier transferencia de los datos digitales registrados de la cámara **62** al ordenador **68** ya sea si la misma es completamente automatizada o están involucrados pasos humanos para transferir los datos.

El sistema **10** preferiblemente incluirá un medio para accionar automáticamente la cámara **68** para tomar la fotografía una vez que la columna de electrodos **18** esté apropiadamente posicionada en la estación de fotografía. Por ejemplo, para las fotografías que se muestran en las Figs. 5-9, la cámara **68** se accionó mediante una señal de un controlador lógico programable **69** que estaba conectado a sensores, tales como **71**, monitoreando la posición del mástil y el estado abierto/cerrado de la abrazadera **46**. Cuando el controlador lógico programable determinó que la abrazadera se había abierto, el mástil se había movido, la abrazadera se había cerrado y el mástil se había elevado 18 pulgadas, la señal de accionamiento se generó y se envió a la cámara **68**.

Alternativamente, el controlador lógico programable **69** puede reemplazarse por un programa informático en el ordenador **68**, más dispositivos de entrada para proporcionar las señales de abrazadera abierta/cerrada y posición del mástil al ordenador.

Aunque el sistema **10** ha sido descrito utilizando una única cámara **62**, se apreciará que puede proporcionarse una mejora y datos más completos al incluir al menos una cámara adicional **88** posicionada de modo que la vista de las cámaras combinadas abarque 360° alrededor de la estación de fotografía **30**, de modo que el electrodo pueda observarse desde todos los ángulos para registrar todos los defectos presentes en el mismo. Un sistema incluso mejor incluiría tres o más cámaras separadas alrededor de la circunferencia de la estación de fotografía **30**.

Aunque el sistema **10** ha sido descrito en el contexto de una cámara digital, se apreciará que en su contexto más amplio, la invención puede implementarse a través del uso de una cámara no digital desde la cual se producen fotografías convencionales impresas, siempre que la cámara sea mantenida en una posición consistente con respecto a la estación de fotografía **30**, de modo que las fotografías resultantes sean de una escala común. Cuando se utiliza una cámara convencional, las fotografías en papel impresas pueden almacenarse en archivos de papel físicos y pueden examinarse utilizando una escala común mediante diversos medios de medición mecánicos.

Sistema de clasificación de defectos

También he desarrollado un sistema único para analizar y catalogar los defectos observados cuando se examinan las fotografías tomadas por el sistema **10**. Como apreciarán los expertos en la técnica, existen muchos tipos diferentes de condiciones defectuosas que se reiteran regularmente en electrodos. La Fig. 4 comprende una serie de ilustraciones esquemáticas de los tipos de defectos que ocurren comúnmente. Ubicado por debajo de cada ilustración esquemática hay un valor numérico que le he asignado a ese tipo de defecto. Ubicado debajo del valor numérico hay una breve descripción de la condición o tipo de defecto ilustrado.

Más aun, he dispuesto los defectos de izquierda a derecha en la Fig. 4 en orden de gravedad del defecto, estando el defecto más grave en el extremo derecho. Los valores numéricos que le he asignado están en una serie binaria de modo que a la primera condición se le asigna el número 1, a la segunda condición se le asigna el número 2 que es el doble del primer valor, a la tercera condición se le asigna el número 4 que es el doble del segundo valor, a la cuarta

condición se le asigna el número 8 que es el doble del tercer valor, etc.

Comenzando en el extremo izquierdo, la columna de electrodos designada **18A** es una columna limpia sin defectos a la cual le he asignado el valor numérico 1.

5 La siguiente condición ilustrada por la columna de electrodos **18B** es un anillo parcial, al cual le he asignado el valor numérico 2.

El siguiente ejemplo **18C** ilustra una punta rota como se denota por la fractura vertical **70** que se extiende desde el extremo del electrodo. Le he asignado el valor numérico 4 a esta condición.

El siguiente ejemplo **18D** ilustra una fractura de rama convergente, a la cual le he asignado el valor numérico 8.

El siguiente ejemplo **18E** ilustra una fractura de rama divergente, a la cual le he asignado el valor numérico 16.

10 El siguiente ejemplo **18F** ilustra una ruptura del manguito inferior, a la cual le he asignado el valor numérico 32.

El siguiente ejemplo **18G** ilustra una ruptura del manguito superior, a la cual le he asignado el valor numérico 64.

El siguiente ejemplo **18H** ilustra una fractura inferior, a la cual le he asignado el valor numérico 128.

El siguiente ejemplo **18I** ilustra una fractura del manguito inferior, a la cual le he asignado el valor numérico 256.

El siguiente ejemplo **18J** ilustra una fractura del manguito superior, a la cual le he asignado el valor numérico 512.

15 El siguiente ejemplo **18K** ilustra una fractura superior, a la cual le he asignado el valor numérico 1024.

Cuando se analiza la condición de una colilla de electrodo particular como se muestra en una de las fotografías digitales tomadas por el sistema **10**, esa condición puede representarse como una combinación de una o más de las condiciones ilustradas en la Fig. 4.

20 Por ejemplo, la Fig. 5 es una fotografía que ilustra una colilla de electrodo que tiene las características de un anillo parcial **72**, una ruptura de manguito superior **74**, una fractura de manguito inferior **76** y una fractura de manguito superior **78**. Estas características tienen los valores respectivos de 2, 64, 256 y 512 de acuerdo con mi sistema de clasificación. Una clasificación que capturaría las características de esta colilla sería 834 o simplemente la suma de los valores característicos individuales. Es significativo indicar que la intención de esta clasificación no es inferir que una fractura de manguito superior es dos veces peor que una fractura de manguito inferior, sino proporcionar una
25 identificación característica, indicando al mismo tiempo una medición relativa de la gravedad.

Se indica que esta suma 834 es única para la combinación del anillo parcial, separación del manguito superior, fractura del manguito inferior y fractura del manguito superior. No existe otra combinación de los defectos que resulte en una suma de valores característicos iguales a 834. Por lo tanto, con mi único sistema de identificación de defectos, cada valor de la suma posible corresponde a una única combinación de condiciones defectuosas definidas.

30 El sistema ilustrado anteriormente utiliza una serie binaria. Otros ejemplos incluirían cualquier base numérica donde los valores asignados sucesivos fueron aumentos incrementales en valor exponencial, por ejemplo 3^0 , 3^1 , 3^2 , 3^3 , etc. o 4^0 , 4^1 , 4^2 , 4^3 , etc.

Adicionalmente, ya que he clasificado en orden de gravedad, la suma de los valores asignados es representativa de la gravedad general del daño que ha ocurrido a la muestra observada.

35 Por lo tanto, un modo de análisis de las fotografías digitales tomadas por el sistema **10** consiste en examinar cada una de las fotografías para determinar si cada una de las condiciones predefinidas ilustradas en la Fig. 4 está presente y para registrar luego los datos y para determinar una suma de los valores asignados que es indicativa del grado general de daño al electrodo y que es representativa de una única combinación de defectos previamente definidos.

40 Este proceso puede realizarse mediante observación humana de las fotografías digitales e ingreso de la presencia o ausencia de cada una de las condiciones defectuosas predefinidas en una base de datos, a partir de la cual los valores asignados pueden determinarse y la suma de los mismos calcularse y almacenarse nuevamente en la base de datos del ordenador **68** en asociación con otros datos que corresponden a la sección de electrodo en cuestión.

45 También se anticipa que el proceso puede implementarse parcialmente o completamente mediante observaciones de la máquina.

Por lo tanto, el ordenador **68** tendrá una pluralidad de archivos de datos de condiciones almacenados en el mismo, correspondiendo cada archivo de datos de condiciones a una condición física observada de la columna de electrodos que se muestra en una de las fotografías digitales. Cada archivo de datos de condiciones incluirá datos que indican la observación de una o más de la pluralidad de condiciones defectuosas recurrentes definidas en la

fotografía digital asociada. Cada uno de los archivos de datos de condiciones también incluirá datos representativos de la suma de valores asignados para todas las condiciones defectuosas recurrentes definidas observadas.

5 En su realización más amplia, el uso del sistema de asignación de valores numéricos único puede describirse como un método para rastrear una combinación de características con respecto a uno de una pluralidad de artículos. El método incluye definir una pluralidad de características recurrentes para dichos artículos. Luego, asignar a cada una de las características recurrentes un valor numérico asignado único, comprendiendo los valores una serie construida de modo que cada suma posible de valores numéricos asignados corresponda a una combinación única de características definidas. Luego, determinar si cada una de la pluralidad de características recurrentes está presente para uno de los artículos. Luego, sumar los valores numéricos asignados de las características presentes para dicho artículo para obtener una suma que corresponde a dicho artículo.

10 Si bien este sistema ha sido específicamente divulgado en el contexto de un método para rastrear una combinación de condiciones defectuosas en uno de una pluralidad de electrodos de un horno, podrían utilizarse sistemas similares en muchos otros procesos.

15 Por ejemplo, dicho sistema podría utilizarse para rastrear el proceso de fabricación para los electrodos donde el electrodo pasa a través de una pluralidad de pasos, algunos de los cuales son variables, y cada paso tiene un valor numérico asignado único de acuerdo con el sistema descrito anteriormente. Por lo tanto, la suma numérica resultante del proceso de fabricación encontrada por el electrodo sería representativa de la serie única de colillas de proceso encontradas por ese electrodo en particular.

Otros modos de observación

20 Otro parámetro físico de la columna de electrodos que es deseable registrar es la longitud de la colilla **80**, que se define como distancia desde el extremo **44** a la unión **82** entre la sección de electrodo intermedia **52** y la sección de electrodo más baja **54**, tal como se muestra en la Fig 3.

25 Si la escala de la fotografía digital es conocida, esta longitud **80** puede medirse fácilmente midiendo la longitud en la fotografía y aplicando la escala conocida. Esto se logra a través del uso de un programa informático, tal como el programa ImagePro, comercializado por Media Cybermedics de Silver Springs, MD, que puede medir automáticamente la distancia entre dos puntos identificables en un dibujo o fotografía digital. Por lo tanto, el operador humano del programa identifica el punto más bajo en el extremo **44** e identifica un punto en la unión **82** inmediatamente sobre el punto más bajo y el programa informático puede determinar inmediatamente la distancia entre estos dos puntos que corresponde a la longitud de la colilla **80**. Estos datos pueden almacenarse entonces en la memoria del ordenador **68** y asociarse con los otros datos que corresponden a la sección de electrodo más baja **54**.

35 Otro modo en el cual las fotografías digitales pueden utilizarse para obtener datos útiles que corresponden al rendimiento del electrodo es a través de la comparación de fotografías consecutivas de una colilla dada, tomándose dichas fotografías consecutivas al final de una serie de caldas u otros eventos. Por ejemplo, las Figs. 6, 7 y 8 comprenden tres fotografías consecutivas de una sección de electrodo de la colilla **54**.

La Fig. 6 representa la condición de la sección de colilla **54** después de que el siguiente segmento de electrodos inferior se ha roto y la sección de colilla **54** está básicamente sin daño.

La Fig. 7 es una fotografía de la misma sección de colilla **54** después de que se ha realizado una calda.

40 La Fig. 8 es una fotografía de la misma colilla después de que se ha realizado una segunda calda. Es evidente al comparar la Fig. 6, 7 y 8 que la sección de colilla del electrodo **54** está siendo lentamente consumida por el uso.

Como se evidencia en las Figs. 6, 7 y 8, existe una ruptura de punta **84** presente en la sección de electrodo **54**.

La Fig. 9 ilustra una técnica por la cual las dos fotografías consecutivas, tal como en las Figs. 7 y 8, pueden utilizarse para calcular el volumen y peso real del electrodo que es consumido durante la única calda del horno eléctrico de arco, lo que ocurrió entre las fotografías 7 y 8.

45 En la Fig. 9, la imagen de la Fig. 8 ha sido colocada encima de la imagen de la Fig. 7 y las porciones comunes de la ruptura **84** han sido alineadas. En la Fig. 9, el extremo del electrodo como se muestra en la Fig. 7 se designa **44A** y el extremo como se muestra en la Fig. 8 se designa **44B**.

50 El volumen del electrodo **54** al momento de la Fig. 7 puede calcularse midiendo la longitud de la colilla **80** y midiendo el diámetro en una o más ubicaciones y calculando el volumen de las mismas. El volumen del electrodo con colilla **54** en la Fig. 8 puede calcularse en un modo similar y el volumen del electrodo consumido entre las dos fotografías es simplemente la diferencia entre los dos volúmenes calculados.

Otro método para determinar el consumo durante una calda consiste en determinar el consumo mediante la longitud de la columna de electrodos. Esto puede realizarse utilizando dos entradas de horno auxiliares, a saber, la posición

del mástil en pulgadas y la posición de la abrazadera de electrodos, ya sea abierta o cerrada. Una lectura de la posición del mástil puede registrarse antes y después de una calda y el consumo calcularse luego a partir de la diferencia. Este método para determinar el consumo lineal requiere el procedimiento operacional de colocar el electrodo en el soporte de deslizamiento y abrir la abrazadera antes de cada calda y también antes y después del intercambio de las columnas de electrodos.

Por lo tanto, con los datos que están disponibles a partir de las fotografías digitales y con técnicas de análisis tales como aquellas descritas anteriormente, pueden realizarse determinaciones muy precisas del peso exacto del electrodo consumido durante una única calda del horno eléctrico de arco **12**. Por lo tanto, se proporciona una medición mucho más precisa del rendimiento de los electrodos que con las técnicas totales de la técnica anterior, y más significativamente estos datos se correlacionan con una sección de electrodo específica y pueden a su vez correlacionarse con otros datos que han sido registrados como relevantes para esa sección de electrodo, tal como condiciones de fabricación cuando se fabricó el electrodo y tal como condiciones operativas cuando el electrodo estaba presente en el horno **12**. Es evidente que a través de las técnicas descritas anteriormente, pueden obtenerse más detalles de información muy específica sobre el rendimiento de cada electrodo y pueden correlacionarse entonces con cualquier otro parámetro histórico de la sección de electrodo.

Por ejemplo, varios parámetros operativos con respecto a las condiciones operativas en el horno **12** cuando el electrodo está presente, pueden medirse y registrarse con un sistema como el que se muestra en la Patente de los Estados Unidos No. 5.099.438 de Gulden, Jr., et al., y asignarse al cesionario de la presente invención cuya divulgación se incorpora a la presente a modo de referencia. El ordenador tendrá una pluralidad de archivos de datos operacionales históricos almacenados en el mismo que corresponden a las condiciones operativas del horno experimentadas por la columna de electrodos.

Otros datos históricos, tales como datos que corresponden al proceso por el cual la sección de electrodo particular fue fabricada, pueden registrarse y almacenarse en asociación con todos los otros datos que corresponden a una sección de electrodo dada, para permitir un análisis colectivo de todos los datos para determinar qué correlaciones pueden estar presentes entre el rendimiento del electrodo y las condiciones de fabricación y/u operación históricas. Será evidente que, al estudiar dichas correlaciones, el proceso de fabricación y la operación del horno eléctrico de arco pueden mejorarse y optimizarse.

Un factor que es importante para el uso óptimo del sistema **10** es proporcionar medios confiables para identificar cada sección de electrodo individual. Esto puede lograrse de varias maneras.

La Fig.3 ilustra esquemáticamente el uso de indicios de identificación visual **84** y/o un rastreador de identificación detectable por máquina **86**, tal como una etiqueta de identificación de frecuencia de radio, fijada en la sección de electrodo. Mediante cualquier sistema, la sección de electrodo superior **50** puede identificarse específicamente al momento que se agrega al extremo superior de la columna de electrodos **50**. Luego, debido al deterioro o destrucción del marcador identificador mientras la sección de electrodo avanza hacia abajo hacia el extremo de la columna de electrodos, es deseable para rastrear visualmente la sección de electrodo, tal como registrando a través de fotografías cada cambio posterior realizado a la columna de electrodos. Esto podría lograrse, por ejemplo, a través del uso de una cámara adicional (no se muestra) para monitorear la posición del brazo del mástil y las distancias de deslizamiento cuando la posición de la columna de electrodos se ajusta al soporte de deslizamiento. Asimismo, si un rastreador fijado es capaz de soportar las condiciones de calor extremo presentes en el horno, también sería posible continuar identificando directamente la sección de electrodo mientras se mueve hacia abajo a través de la columna de electrodos.

Alternativamente, si cada sección de electrodo individual no se identifica específicamente, también es posible identificar grupos de secciones de electrodos, tales como un grupo que es de fabricación y origen comunes, y registrar colectivamente los datos para todos los miembros de ese grupo y analizar los datos para el grupo.

Compendio de los métodos de operación

Los métodos para registrar información utilizando el sistema **10** incluyen en general los siguientes pasos. La cámara digital **62** es proporcionada en una posición consistente con respecto a la estación de fotografía **30** definida por la estación de deslizamiento. Periódicamente, cuando la columna de electrodos **18**, **20** o **22** se retira del horno, tal como al final de una calda o cuando se agrega una carga adicional durante una calda, la columna de electrodos se mueve por su brazo de soporte de electrodos asociado a la estación de fotografía **30** y la colilla de la columna de electrodos se coloca sobre la estación de fotografía **30**. Luego una señal de accionamiento es enviada a la cámara **68** y la colilla de la columna de electrodos es fotografiada con la cámara digital **62** y la fotografía digital es almacenada en la memoria del ordenador **68**.

Luego, las fotografías digitales almacenadas pueden analizarse de varias maneras descritas anteriormente para determinar la condición física de la colilla de la columna de electrodos. Estos datos pueden correlacionarse con diversos datos históricos para la sección de electrodo en cuestión, incluyendo los datos de fabricación y datos de rendimiento operativo en el horno.

Los datos resultantes pueden analizarse de varios modos.

5 Los datos pueden agruparse para identificar patrones de falla recurrentes en los montajes de electrodos y para correlacionar aquellos patrones de fallas con procesos de fabricación y/o parámetros operativos encontrados en el horno. Las longitudes y volúmenes de las colillas pueden medirse y traducirse en mediciones de consumo de electrodos por el horno.

10 Por lo tanto, puede apreciarse que el aparato y los métodos de la presente invención logran fácilmente los fines y ventajas mencionados, así como aquellos inherentes a los mismos. Si bien ciertas realizaciones preferidas de la invención han sido ilustradas y descritas a efectos de la presente divulgación, los expertos en la técnica podrán realizar numerosos cambios en la disposición y construcción de las partes y los pasos, cuyos cambios están abarcados dentro del alcance y espíritu de la presente invención, tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para registrar información con respecto a la condición de electrodos en un horno eléctrico de arco, comprendiendo el método:
- (a) proporcionar una cámara en una posición consistente con respecto a una estación de fotografía;
- 5 (b) retirar periódicamente una columna de electrodos del horno y mover la columna de electrodos a la estación de fotografía;
- (c) fotografiar la columna de electrodos con la cámara cuando la columna de electrodos se ubica en la estación de fotografía; y
- (d) almacenar las fotografías de la columna de electrodos.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde:
- en el paso (a), la cámara es una cámara digital; y
- en el paso (d), el paso de almacenamiento incluye almacenar una copia digital electrónica de la fotografía en una memoria digital.
3. El método de la reivindicación 1, en donde:
- 15 en el paso (a), la cámara es una cámara no digital desde la cual pueden producirse fotografías impresas; y
- en el paso (d), el paso de almacenamiento incluye almacenar las fotografías impresas en archivos de papel físicos.
4. El método de la reivindicación 1, en donde:
- en el paso (a), la estación de fotografía es un soporte de deslizamiento; y
- en el paso (b), una colilla de la columna de electrodos se coloca sobre el soporte de deslizamiento.
- 20 5. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
- analizar las fotografías almacenadas para determinar la condición física de la columna de electrodos que se muestra en cada fotografía.
6. El método de la reivindicación 5, en donde:
- 25 el paso de analizar incluye medir la longitud de la colilla de cada fotografía, utilizando una escala común aplicada a todas las fotografías, eliminando así la subjetividad del observador para determinar la longitud de la colilla.
7. El método de la reivindicación 6, en donde:
- en el paso (a), la cámara es una cámara digital;
- en el paso (d), el paso de almacenamiento incluye almacenar una copia digital electrónica de la fotografía en una memoria digital; y
- 30 el paso de medir la longitud de la colilla incluye utilizar un programa informático para medir automáticamente una distancia entre puntos identificables asociados con los extremos de la colilla.
8. El método de la reivindicación 5, en donde el paso de analizar incluye:
- definir una pluralidad de condiciones defectuosas recurrentes;
- examinar las fotografías almacenadas para identificar si cada una de las condiciones definidas está presente; y
- 35 registrar datos que indican si cada una de las condiciones definidas está presente en cada fotografía.
9. El método de la reivindicación 8, en donde el paso de analizar incluye además:
- asignar a cada una de las condiciones definidas un valor numérico único y
- 40 para cada fotografía, resumir los valores numéricos que corresponden a las condiciones definidas que están presentes, para proporcionar una indicación numérica de la condición general de la columna de electrodos como se muestra en cada fotografía.
10. El método de la reivindicación 9, en donde:

los valores numéricos asignados comprenden una serie binaria que clasifica las condiciones definidas en orden de gravedad, de modo que el valor de la suma para cada fotografía proporciona una medición relativa de la gravedad del daño físico representado en la fotografía.

11. El método de la reivindicación 9, en donde:

5 los valores numéricos asignados comprenden una serie numérica construida de modo que cada valor de la suma posible corresponde a una combinación única de condiciones definidas.

12. El método de la reivindicación 11, en donde:

la serie numérica es una serie binaria en donde cada valor numérico, que no sea el valor más bajo, es el doble del valor inmediatamente precedente.

10 13. El método de la reivindicación 8, en donde el paso de analizar incluye:

agrupar los datos para identificar los patrones de falla recurrentes en la columna de electrodos.

14. El método de la reivindicación 5 que comprende además:

identificar una sección de colilla del electrodo de la columna de electrodos y correlacionar la condición física observada con la identificación de la sección de colilla del electrodo.

15 15. El método de la reivindicación 14 que comprende además:

registrar al menos un parámetro operativo histórico para la sección de colilla del electrodo; y

correlacionar la condición física observada con el parámetro operativo histórico.

16. El método de la reivindicación 14, en donde:

20 el paso de identificar una sección de colilla del electrodo incluye proporcionar un rastreador identificable fijado en la sección de electrodo e identificar el rastreador.

17. El método de la reivindicación 14, en donde:

25 el paso de identificar una sección de colilla del electrodo incluye proporcionar un indicio de identificación visual en cada sección de electrodo, identificando cada sección de electrodo mediante el indicio de identificación visual cuando la sección de electrodo se agrega a un extremo superior de la columna de electrodos, y rastrear la identidad de la sección de electrodo mientras se mueve hacia abajo para volverse la sección de colilla del electrodo.

18. El método de la reivindicación 5, en donde:

el paso de analizar incluye comparar fotografías consecutivas de la columna de electrodos y medir así el consumo de electrodos.

19. El método de la reivindicación 5, en donde:

30 el paso de analizar incluye calcular un volumen de una sección de colilla del electrodo de la columna de electrodos.

20. El método de la reivindicación 1, en donde:

el paso (a) incluye proporcionar al menos una cámara adicional posicionada de modo que la vista de las cámaras combinadas abarque 360° alrededor de la estación de fotografía.

21. El método de la reivindicación 1, en donde:

35 el paso (c) incluye un paso de accionar automáticamente la cámara cuando la columna de electrodos está ubicada en la estación de fotografía.

22. Un sistema para crear registros fotográficos de una columna de electrodos de un horno eléctrico de arco para documentar la condición de la columna de electrodos que comprende:

40 un horno eléctrico de arco que incluye una columna de electrodos transportada por un brazo de soporte de electrodos, siendo el brazo móvil a través de un rango;

una estación de fotografía ubicada dentro del rango del brazo, de modo que el brazo pueda colocar la columna de electrodos en la estación de fotografía; y

una cámara digital, ubicada en una posición fija con respecto a la estación de fotografía, de modo que una pluralidad

de fotografías digitales tomadas de la columna de electrodos en la estación de fotografía por la cámara digital sean de la misma escala.

23. El sistema de la reivindicación 22, en donde:

la estación de fotografía es un soporte de deslizamiento para soportar una colilla de la columna de electrodos.

5 24. El sistema de la reivindicación 22 que comprende, además:

un ordenador que incluye una base de datos en la cual se almacenan las copias digitales de las fotografías.

25. El sistema de la reivindicación 24, en donde:

10 el ordenador tiene una pluralidad de archivos de datos de condiciones almacenados en el mismo, correspondiendo cada archivo de datos de condiciones a una condición física observable de la columna de electrodos que se muestra en una de las fotografías digitales, incluyendo cada archivo de datos de condiciones datos que indican la observación de una o más de una pluralidad de condiciones defectuosas recurrentes definidas en la fotografía digital asociada.

26. El sistema de la reivindicación 25, en donde:

15 cada uno de los archivos de datos de condiciones incluye datos representativos de la suma de valores asignados para todas las condiciones defectuosas recurrentes definidas observadas.

27. El sistema de la reivindicación 26, en donde:

los valores asignados para cada una de las condiciones defectuosas recurrentes definidas se clasifican de acuerdo con la gravedad, de modo que la suma sea indicativa de la condición general de la columna de electrodos.

28. El sistema de la reivindicación 27, en donde:

20 los valores asignados comprenden una serie construida de modo que cada suma posible corresponda a una combinación única de condiciones definidas.

29. El sistema de la reivindicación 28, en donde:

la serie es una serie binaria.

30. El sistema de la reivindicación 26, en donde:

25 los valores asignados comprenden una serie construida de modo que cada suma posible corresponda a una combinación única de condiciones definidas.

31. El sistema de la reivindicación 30, en donde:

la serie es una serie binaria.

32. El sistema de la reivindicación 24, en donde:

30 el ordenador incluye un programa informático para determinar una longitud de la colilla de la columna de electrodos que se muestra en la fotografía digital.

33. El sistema de la reivindicación 32, en donde:

el programa informático requiere identificación manual de los puntos finales de la colilla que se muestra en la fotografía digital.

35 34. El sistema de la reivindicación 24, en donde:

el ordenador tiene una pluralidad de archivos de datos operacionales históricos almacenados en el mismo que corresponden a los parámetros operativos del horno experimentados por la columna de electrodos.

35. El sistema de la reivindicación 34, en donde:

40 los archivos de datos operativos históricos y las copias digitales de las fotografías están asociados entre sí a través de una identificación registrada de cada sección de electrodo ubicada en la colilla de la columna de electrodos.

36. El sistema de la reivindicación 22, en donde:

cada sección de electrodo de la columna de electrodos tiene un indicio visualmente observable único cuando la sección de electrodo se coloca primero en el extremo superior de la columna de electrodos.

37. El sistema de la reivindicación 22, en donde:

cada sección de electrodo tiene un rastreador de identificación detectable por máquina.

38. El sistema de la reivindicación 22 que comprende, además:

5 al menos una cámara digital adicional ubicada circunferencialmente alrededor de la estación de fotografía desde la primera cámara digital, de modo que la circunferencia entera de la columna de electrodos puede fotografiarse.

39. El sistema de la reivindicación 22 que comprende, además:

un dispositivo de accionamiento automático, incluyendo un sensor para detectar la posición de la columna de electrodos, y un generador de señales para generar una señal de accionamiento para operar la cámara cuando la columna de electrodos está en su sitio en la estación de fotografía.

10

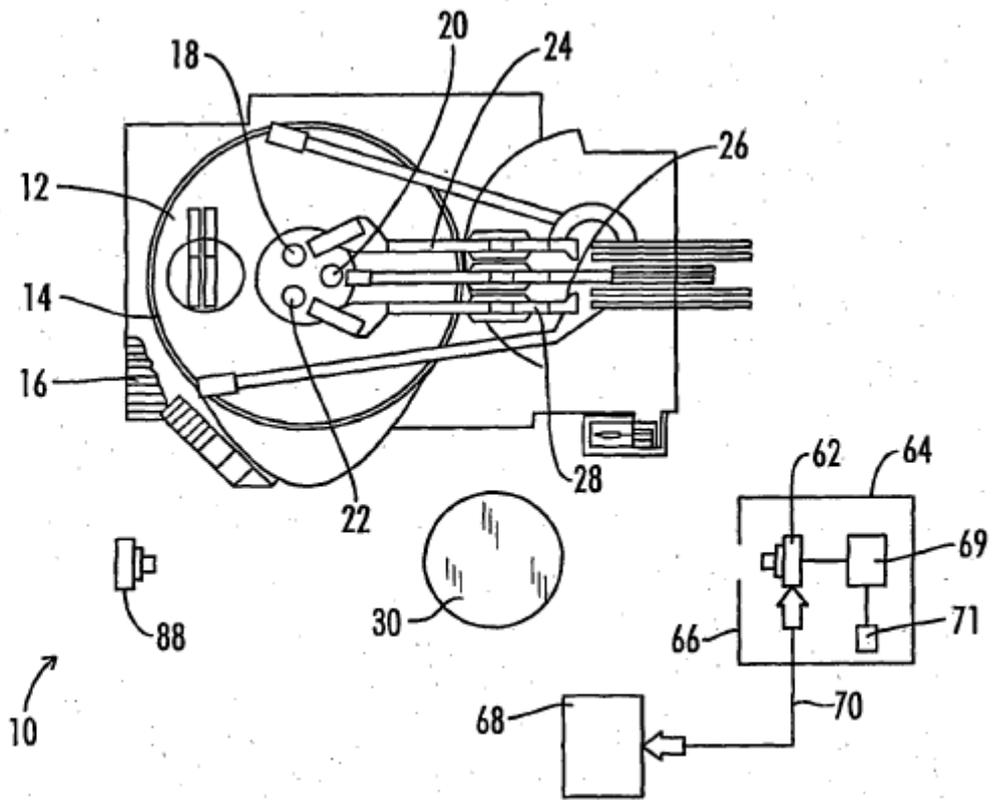


FIG. 1

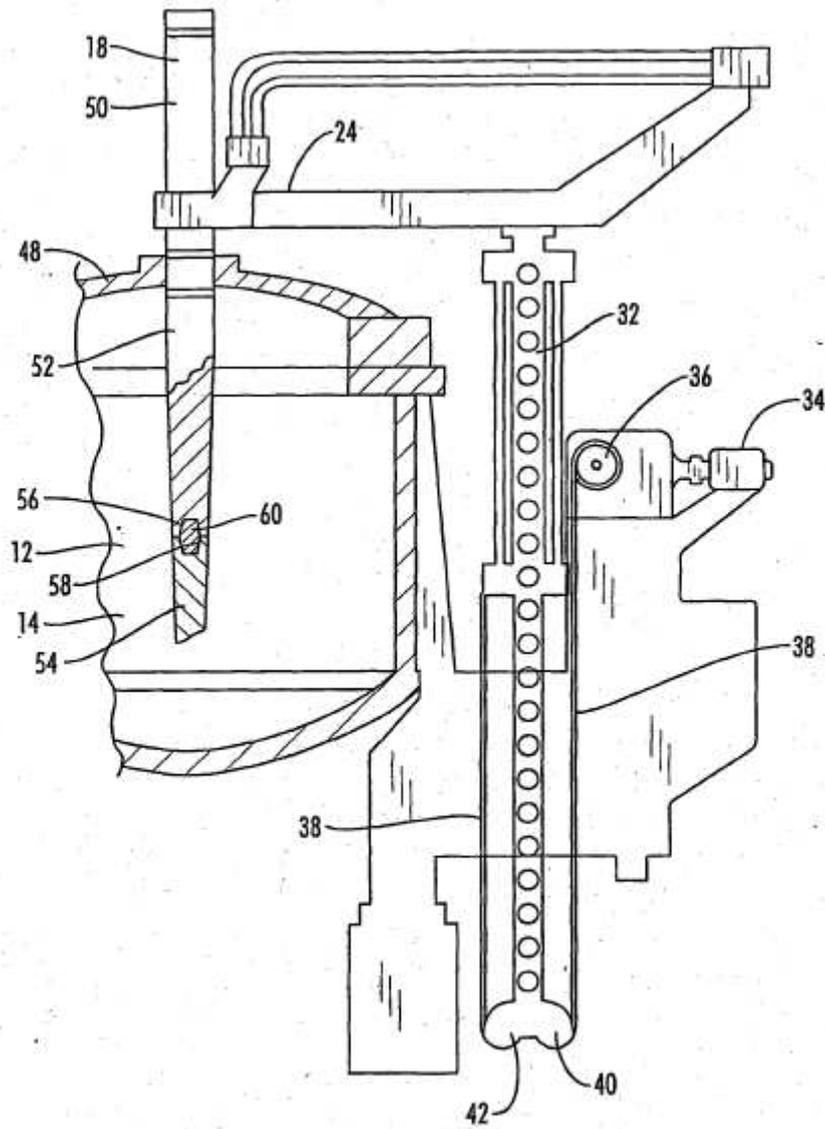


FIG. 2

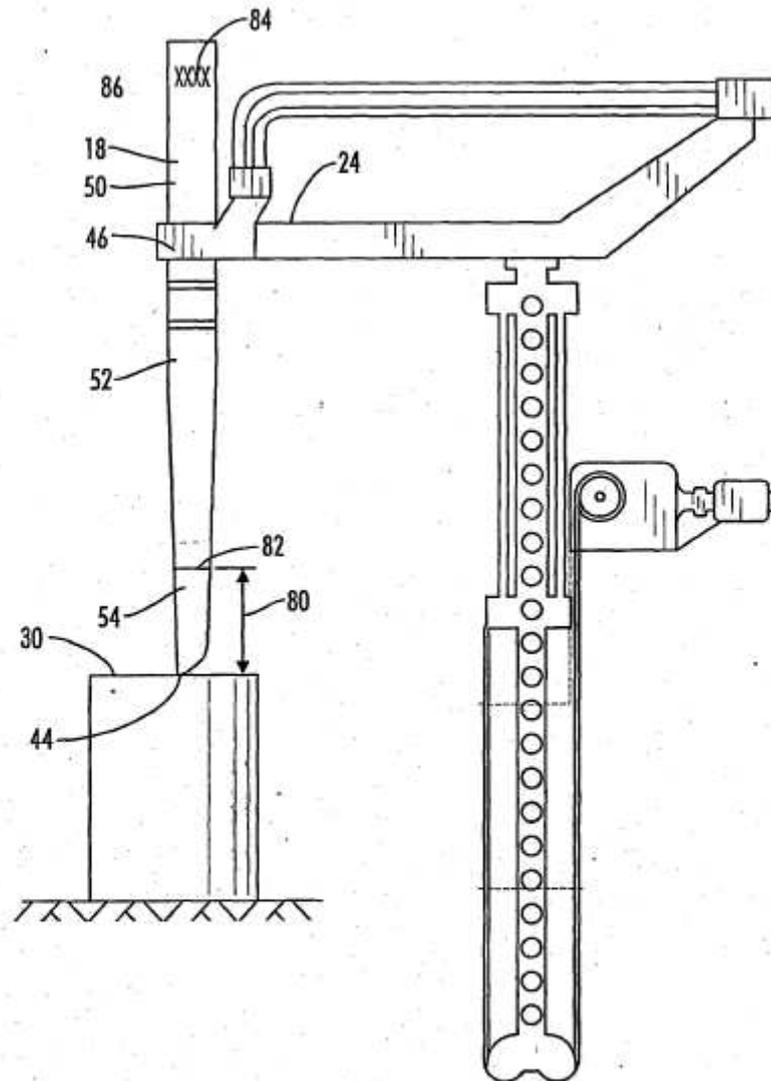


FIG. 3

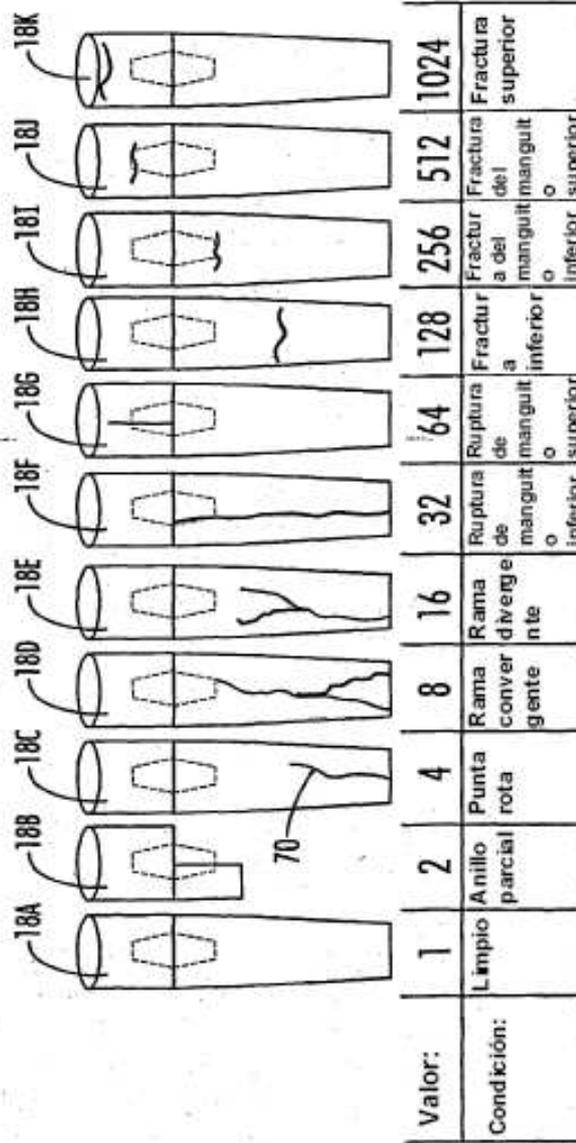


FIG. 4

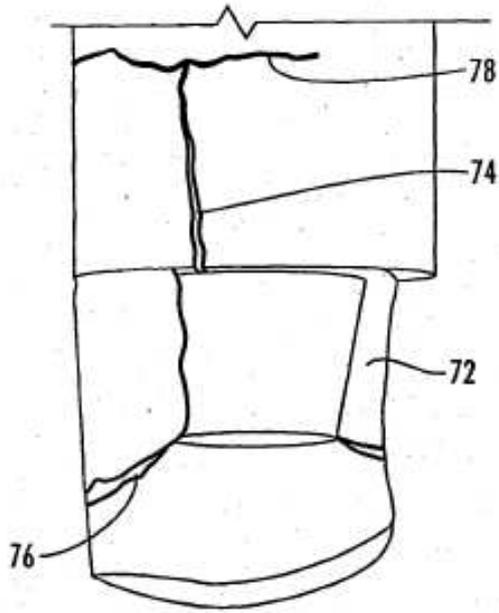


FIG. 5

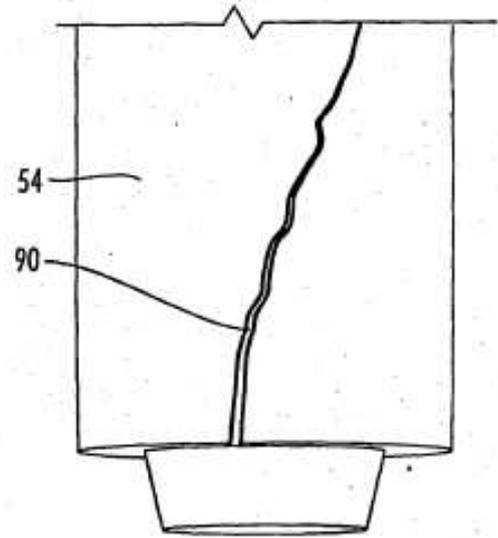


FIG. 6

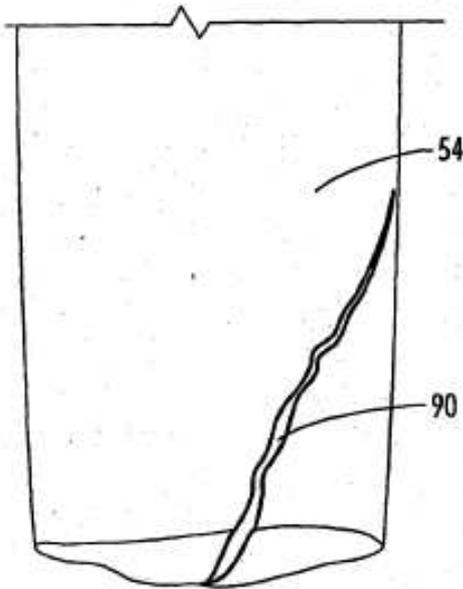


FIG. 7

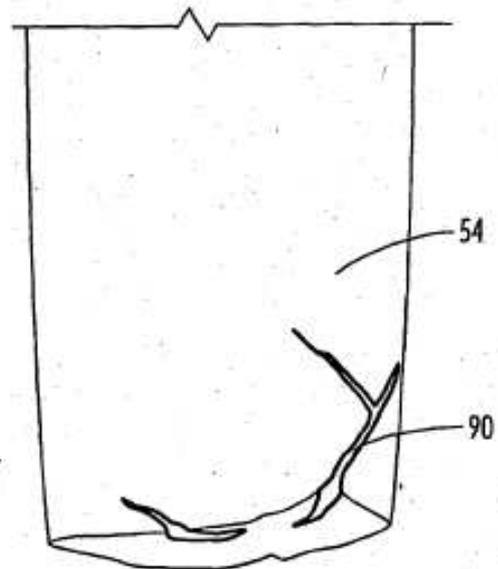


FIG. 8

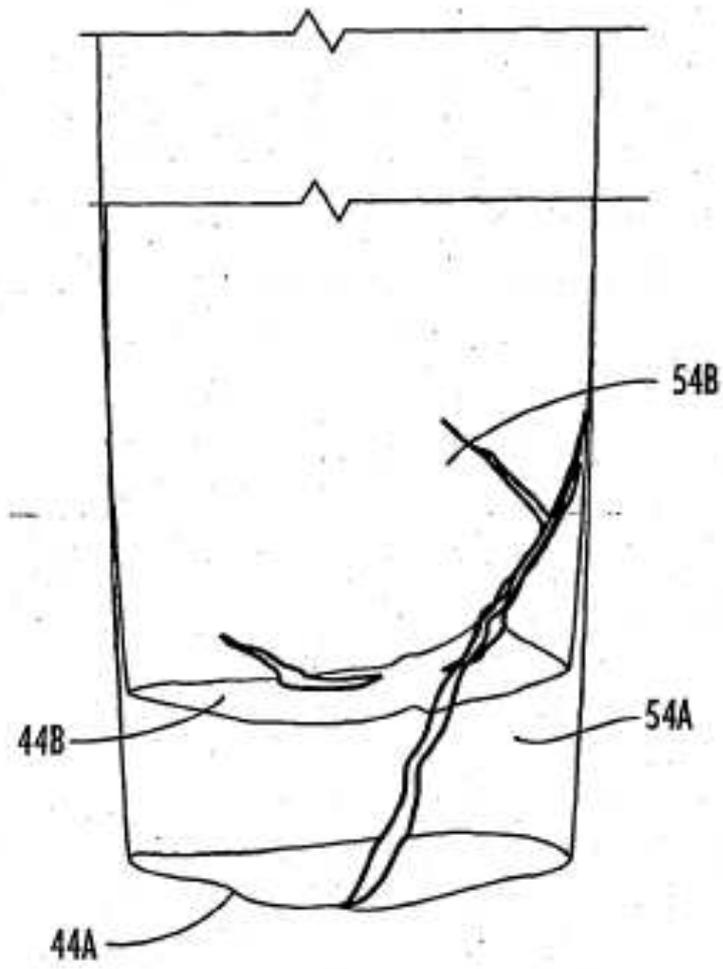


FIG. 9