

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 554**

51 Int. Cl.:

B22D 46/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2009 E 09722845 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2257401**

54 Título: **Detección de porosidad**

30 Prioridad:

30.01.2009 US 148503
17.03.2008 US 37077

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.01.2015

73 Titular/es:

SOUTHWIRE COMPANY, LLC (100.0%)
One Southwire Drive
Carrollton, GA 30119-4400, US

72 Inventor/es:

RUNDQUIST, VICTOR F. y
DINWIDDIE, RALPH B.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 526 554 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

Detección de porosidad

Antecedentes

5 Cuando se funden de manera continua productos metálicos, es importante tener las condiciones químicas y ambientales correctas antes de que el metal fundido asociado con el proceso de fundición continua se solidifique. Durante la solidificación, si la química o el enfriamiento del metal son incorrectos, pueden formarse vacíos en el producto del proceso de fundición. Estos vacíos pueden ser nocivos para el producto. Por ejemplo, en un proceso para hacer barras, un producto final puede ser alambre. Este alambre puede romperse si hay vacíos en la fundición original asociada con la barra. Productos estructurales, tales como tubos y lingotes cilíndricos, pueden tener sus propiedades mecánicas afectadas adversamente por los vacíos en la fundición original.

10

La EP-1 717 754 divulga un método para clasificar defectos de fundición por medio de análisis por rayos X.

Resumen

15 Este resumen se provee con el fin de introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que serán descritos más adelante en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o características esenciales de la materia reivindicada. Ni este resumen pretende ser utilizado para limitar el alcance de la materia reivindicada.

20 Puede proveerse la detección de porosidad. Primero puede crearse un perfil de temperatura natural para una fundición a partir de un primer borde hasta un segundo borde. A continuación, puede ajustarse un polinomio al perfil de temperatura natural. El perfil de temperatura natural puede ser comparado con el polinomio ajustado. Puede indicarse entonces que existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, un valor pico del perfil de temperatura natural es menor que un valor pico del polinomio.

25 Tanto en la descripción general anterior como en la descripción detallada que sigue se proveen ejemplos que son explicativos únicamente. De acuerdo con lo anterior, la descripción general anterior y la descripción detallada que sigue no deberían ser consideradas como restrictivas. Adicionalmente, pueden proveerse características o variaciones además de las fijadas aquí. Por ejemplo, pueden dirigirse modalidades a diversas combinaciones y subcombinaciones de características descritas en la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos acompañantes, los cuales se incorporan y constituyen una parte de esta divulgación, ilustran diversas realizaciones de la presente invención. En los dibujos:

30 La figura 1 muestra un sistema de detección de porosidad;

La figura 2 muestra el sistema de detección de porosidad de la figura 1 en más detalle;

La figura 3 es un diagrama de flujo de un método para proveer detección de la porosidad;

La figura 4A es un perfil de temperatura de una sección de muestra sin vacíos;

La figura 4B es un perfil de temperatura correspondiente a una fundición que incluye un vacío; y

35 La figura 5 ilustra un vacío en una fundición.

Descripción detallada

40 La siguiente descripción detallada se refiere a los dibujos acompañantes. Siempre que sea posible, se utilizan los mismos números de referencia en los dibujos y la descripción que sigue para referirse a los mismos o similares elementos. A la vez que pueden describirse las realizaciones de la invención, son posibles modificaciones, adaptaciones y otras implementaciones. Por ejemplo, pueden hacerse sustituciones, adiciones o modificaciones a los elementos ilustrados en los dibujos, y los métodos descritos aquí pueden ser modificados sustituyendo, reordenando o agregando etapas a los métodos divulgados. De acuerdo con lo anterior, la siguiente descripción detallada no limita la invención.

45 Puede utilizarse la termografía infrarroja para la detección de imperfecciones, por ejemplo en fundiciones de lingotes cilíndricos de acero. Esto puede hacerse en un ambiente estático y utilizarse para detectar imperfecciones en la superficie. Realizaciones de la invención pueden aplicar una técnica termográfica. En consistencia con las realizaciones de las invenciones, pueden resolverse tres problemas: i) conocer cuando una fundición tiene

imperfecciones internas; ii) permitir otro parámetro de optimización en un proceso de fundición continuo; y iii) ayudar a determinar si se presentan problemas en un proceso de fundición.

5 Cuando se sabe que una fundición tiene defecciones internas, el producto final de la fundición puede ser clasificado apropiadamente. Esto puede ahorrar significativamente costes de transporte asociados con el transporte de productos defectuosos hacia y desde un cliente. Al monitorizar las imperfecciones en tiempo real, un operador de planta puede acelerar el proceso de fundición hasta justo antes de que las imperfecciones sean detectadas. Esto puede permitir optimizar la velocidad de producción de una planta para condiciones normales. Cuando se introducen problemas con la química de un metal o en un enfriamiento de una fundición, estos problemas pueden manifestarse como vacíos en la fundición. Al detectar estos vacíos en tiempo real, el operador de la planta puede ser alertado con respecto a problemas con un proceso de fundición antes de que se produzca demasiado producto y finalmente se desperdicie como chatarra.

10 Cuando se funden de manera continua productos metálicos, es deseable tener las condiciones químicas y ambientales correctas antes de que el metal fundido asociado con el proceso de fundición continua se solidifique. Durante la solidificación, si la química o el enfriamiento del metal son incorrectos, pueden formarse vacíos en el producto del proceso de fundición. Estos vacíos pueden ser nocivos para el producto. Por ejemplo, en un proceso para hacer barras, un producto final puede ser un alambre. Este alambre puede romperse si hay vacíos en la fundición original asociada con la barra. Productos estructurales, tales como tubos y lingotes cilíndricos, pueden tener sus propiedades mecánicas afectadas adversamente por vacíos en la fundición original. Por lo tanto, en consistencia con las realizaciones de la invención, puede proveerse la monitorización de una fundición en tiempo real en busca de imperfecciones internas.

15 El uso de los principios de rayos X o de difracción de haces de electrones puede introducir costes de implementación altos y puede crear condiciones ambientales indeseables para los trabajadores expuestos a los procesos que utilizan tales principios. Al utilizar termografía infrarroja, las realizaciones de la presente invención pueden detectar vacíos internos en una fundición enfriando una superficie de la fundición y permitiendo que una señal de calor del vacío se propague hacia la superficie de la fundición.

20 Las realizaciones consistentes con la invención pueden comprender un sistema para proveer detección de porosidad. El sistema puede comprender un almacenamiento de memoria para mantener una base de datos y una unidad de procesamiento acoplada al almacenamiento de memoria. La unidad de procesamiento puede ser operativa para crear un perfil de temperatura natural para una fundición desde un primer borde hasta un segundo borde. Además, la unidad de procesamiento puede ser operativa para ajustar un segundo orden polinómico al perfil de temperatura natural. La unidad de procesamiento puede comparar entonces el perfil de temperatura natural con el del polinomio de segundo orden ajustado. Adicionalmente, la unidad de procesamiento puede ser operativa para indicar que existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, un pico del perfil de temperatura natural está por debajo de un pico del segundo orden polinómico.

25 La figura 1 muestra un sistema de detección de porosidad 100 que incluye, por ejemplo, un procesador 105 de detección de porosidad, una red 115, un dispositivo infrarrojo 120. El dispositivo infrarrojo 120 puede comprender, pero no se limita a, una cámara infrarroja o un detector de infrarrojo. En consistencia con las realizaciones de la presente invención, las memorias antes mencionadas, las unidades de procesamiento y otros componentes pueden ser implementados en un sistema, tal como un sistema de detección de porosidad 100 de la figura 1. Puede utilizarse cualquier combinación de hardware, software y/o firmware para implementar las memorias como unidades de procesamiento u otros componentes. A manera de ejemplo, las memorias, unidades de procesamiento y otros componentes pueden ser implementados con el procesador de detección de porosidad 105 en combinación con el sistema 100. El sistema y el procesador antes mencionados son ejemplos y otros sistemas y procesadores pueden comprender las memorias, unidades de procesamiento u otros componentes antes mencionados, consistentes con las realizaciones de la presente invención.

30 La figura 2 muestra el procesador 105 para detección de porosidad de la figura 1 en más detalle. Como se muestra en la figura 2, el procesador 105 para detección de la porosidad puede incluir una unidad de procesamiento 225 y una memoria 230. La memoria 230 puede incluir un módulo de software 235 para detección de la porosidad y una base de datos 240. A la vez que se ejecuta sobre la unidad de procesamiento 225, el módulo de software 235 para la detección de la porosidad puede llevar a cabo procesos para proveer detección de la porosidad, incluyendo, por ejemplo, una o más etapas de método 300 descritas más adelante con respecto a la figura 3.

35 El procesador 105 para la detección de la porosidad ("el procesador") incluido en el sistema 100 puede ser implementado utilizando un ordenador personal, una red de ordenadores, un mainframe, o una estación de trabajo similar basada en microordenadores. El procesador puede de la misma forma comprender cualquier tipo de ambiente operativo de ordenador, tal como dispositivos de mano, sistemas multiprocesadores, dispositivos electrónicos basados en procesador programables, miniordenadores, ordenadores de mainframe, y similares. El procesador también puede ser puesto en práctica en ambientes de cómputo distribuidos donde las tareas son llevadas a cabo por dispositivos de procesamiento remotos. Adicionalmente, el procesador puede comprender una terminal móvil, tal como un teléfono inteligente, un teléfono celular, un teléfono celular que utilice protocolos de

aplicación inalámbricos (WAP), asistentes digitales personales (PDA), páginadores inteligentes, ordenadores portátiles, un ordenador de mano, un teléfono convencional, o una máquina de facsímiles. Los sistemas y dispositivos antes mencionados son de ejemplo y el procesador puede comprender otros sistemas o dispositivos.

5 La red 115 puede comprender, por ejemplo, una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN). Cuando se utiliza una LAN como red 115, puede utilizarse una interfaz de red localizada en cualquiera de los procesadores para interconectar cualquiera de los procesadores. Cuando la red 115 es implementada en un ambiente de red WAN, tal como la internet, los procesadores pueden incluir típicamente un módem interno o externo (no mostrado) u otros medios para establecer comunicaciones sobre la WAN. Adicionalmente, al utilizar la red 115, los datos enviados sobre la red 115 pueden ser encriptados para asegurar la seguridad de los datos utilizando técnicas de encriptación/desencriptación conocidas.

10 Además de utilizar un sistema de comunicaciones de línea por cable, la red 115, puede utilizarse un sistema de comunicaciones inalámbrico o una combinación de comunicación por cable e inalámbrica como red 115 con el fin de, por ejemplo, intercambiar páginas web a través de la internet, intercambiar correos electrónicos a través de la internet, o para utilizar otros canales de comunicación. Los inalámbricos pueden ser definidos como transmisión de radio a través de ondas aéreas. Sin embargo, puede ser apreciado que pueden utilizarse diversas otras técnicas de comunicación para proveer transmisión inalámbrica, incluyendo una línea infrarroja de observación, celular, microondas, satélite, paquete de radio y radio de espectro esparcido. Los procesadores en el ambiente inalámbrico pueden ser cualquier terminal móvil, tal como los terminales móviles descritos anteriormente. Los datos inalámbricos pueden incluir, pero no se limitan a, envíos de mensajes, mensajes de texto, correo electrónico, acceso a internet y otras aplicaciones de datos especializadas que excluyen o incluyen específicamente transmisión de voz. Por ejemplo, los procesadores pueden comunicarse a través de una interfaz inalámbrica tal como, por ejemplo, una interfaz celular (por ejemplo un sistema de radio de paquete general (GPRS), ratas de datos potenciadas para evolución global (EDGE), sistemas globales para comunicación móvil (GSM)), una interfaz de red de área local inalámbrica (por ejemplo, WLAN, IEEE 802, WiFi, WiMax), una interfaz Bluetooth, otra interfaz de comunicación RF, y/o una interfaz óptica.

15 Un dispositivo 120 infrarrojo puede comprender una cámara termográfica, que comprende una cámara infrarroja de observación hacia el frente, una cámara infrarroja de barrido, o un detector de infrarrojo. El dispositivo 120 de infrarrojo puede conectarse al procesador 105 para la detección de la porosidad sobre la red 115. El dispositivo 120 de infrarrojo puede formar una imagen utilizando radiación infrarroja, similar a una cámara común que forma una imagen utilizando luz visible. En vez del rango de 450-750 nanómetros en la cámara de luz visible, el dispositivo 120 de infrarrojo puede operar en longitudes de onda tan largas como 14,000 nm (esto es 14 μm).

20 El sistema 100 puede transmitir también datos por métodos y procesos diferentes a, o en combinación con, la red 115. Estos métodos y procesos pueden incluir, pero no se limitan a, transferir datos a través de discos flexibles, barras de memoria Flash, CD ROM, facsímil, correo convencional, un sistema de respuesta de voz interactivo (IVR), o a través de voz sobre una red telefónica de conmutación pública.

25 La figura 3 es un diagrama de flujo que establece en las etapas generales involucradas en un método 300 consistente con las realizaciones de la invención para proveer la detección de la porosidad. El método 300 puede ser implementado utilizando el procesador 105 para la detección de la porosidad descrito en más detalle anteriormente con respecto a la figura 2. Se describirán maneras de implementarse etapas del método 300 en mayor detalle más adelante. El método 300 puede ser implementado utilizando un dispositivo infrarrojo (por ejemplo el dispositivo infrarrojo 120) acoplado a un ordenador (por ejemplo el procesador 105 para la detección de la porosidad) que ejecuta un software para análisis de imágenes (por ejemplo un módulo 235 de software para la detección de la porosidad). Como se describe más adelante, el software para análisis de imágenes puede descodificar una imagen y buscar imperfecciones.

30 Como se muestra en la figura 3, los parámetros pueden ser inicializados (etapa 305) y puede crearse una secuencia en blanco (etapa 310). El procesador 105 para la detección de la porosidad puede buscar entonces en una imagen de infrarrojo de una fundición a medida que la fundición se mueve a través del campo de observación del dispositivo 120 de infrarrojo (etapa 315). A medida que la fundición se mueve, el procesador 105 para la detección de la porosidad puede buscar imperfecciones, por ejemplo, el procesador 105 para la detección de la porosidad puede tomar primero una vista promedio a través de una longitud predeterminada de la fundición (etapa 315). Una temperatura en los bordes de la fundición puede ser más fría que la mitad de la fundición puesto que hay más energía en el centro de la fundición que en los bordes. Una grafica que comprende un perfil de temperatura natural para la fundición de borde a borde puede generar una parábola o una curva estilo Gaussiano que comprende un perfil de temperatura promedio.

35 A continuación, el procesador 105 para la detección de la porosidad puede encontrar el valor máximo del perfil de temperatura promedio (etapa 315). El valor máximo puede comprender el centro de la fundición. Puede ajustarse entonces un segundo orden polinómico al perfil (etapa 315). El pico del segundo orden polinómico puede estar justo por debajo del pico de datos. El procesador 105 para la detección de la porosidad puede a continuación ver los datos de los picos en la forma en que se relacionan con el segundo orden polinómico creado (etapa 320). Si los

- 5 datos en la región del pico del segundo orden polinómico son inferiores al pico del segundo orden polinómico, entonces el procesador 105 para la detección de la porosidad puede indicar que se ha encontrado un vacío en la fundición tal como se ilustra y describe en más detalle más adelante con respecto a la figura 4B (etapa 325). Esto puede deberse a que un vacío en la fundición puede tener menos energía que el material circundante y la temperatura en la superficie puede ser menor de lo que sería si no hubiese vacío.
- 10 La figura 4A es un perfil de temperatura de sección sin imperfecciones de la muestra. Como se muestra en la figura 4A, una curva 405 puede corresponder a un perfil de temperatura natural para una fundición. Una curva 410 puede corresponder a un polinomio ajustado al perfil de temperatura natural de la curva 405. Debido a que un valor de pico de la curva 405 es mayor que un valor de pico de la curva 410, esto puede indicar que no hay vacíos presentes en la fundición.
- 15 La figura 4B es un perfil de temperatura correspondiente a una fundición que incluye un vacío. Como se ve en la figura 4B, una curva 415 puede corresponder a un perfil de temperatura natural para una fundición. Una curva 420 puede corresponder a un polinomio ajustado al perfil de temperatura natural de la curva 415. Puesto que un valor de pico de la curva 415 es menor que un valor de pico de la curva 420, esto puede indicar que hay presente un vacío en la fundición. La figura 5 es una fotografía que muestra un vacío en una fundición detectado por realizaciones de la invención.
- 20 Después de que la imagen actual es analizada por el procesador 105 para la detección de la porosidad, puede darse entrada a una siguiente imagen y el proceso antes mencionado puede ser repetido (etapa 330). Puede mantenerse un contador para contar el número de imperfecciones presentes en la fundición (etapa 325). Los datos y los marcos de imágenes resultantes pueden ser guardados para procesamiento posterior si es necesario (etapa 335).
- El siguiente es un listado de códigos para un ejemplo de software que puede ser utilizado en conjunción con las realizaciones de la presente invención para el módulo 235 de software para la detección de porosidad. Lo siguiente es un ejemplo, y pueden utilizarse otros módulos de software.
- Opción Explícita
- 25 Sub Southwire()
 Dim LineProfID As Integer
 Dim PeakVal As Single
 Dim PeakLocation As Integer
 Dim a0 As Single
 30 Dim a1 As Single
 Dim a2 As Single
 Dim t0 As Double
 Dim t1 As Double
 Dim t2 As Double
 35 Dim i As Integer
 Dim j As Integer
 Dim k As Integer
 Dim x As Integer
 'Dim ProfDat(321) As Single 'Allocate array for the data
 40 Dim LineDat (30) As Single 'Allocate array for the data
 Dim Ndata As Integer 'Number of frames in sequence
 Dim LastDirectory As String* 255

Dim S As String*1
Dim Iname As String* 255
Dim Title As String* 60
Dim Flaw As String* 30
5 Dim OldX1 As Integer
Dim OldY1 As Integer
Dim OldX2 As Integer
Dim OldY2 As Integer
Dim X1 As Integer
10 Dim Y1 As Integer
Dim X2 As Integer
Dim Y2 As Integer
Dim numbins As Integer
Dim endPts (2) As POINTAPI
15 Dim stats (10) As Single
Dim S0S1 As Double
Dim S0S2 As Double
Dim S0S3 As Double
Dim S0S4 As Double
20 Dim S1S1 As Double
Dim S1S2 As Double
Dim S 1 S3 As Double
Dim S 1 S4 As Double
Dim S2S2 As Double
25 Dim S2S3 As Double
Dim S2S4 As Double
Dim S3S2 As Double
Dim S3S3 As Double
Dim DetS As Double
30 Dim Fit8 As Single
Dim PeakIndex As Integer
Dim TotalFlaws As Integer
Dim Skipped As Integer
Dim PercentFlaws As Single

```

Dim NoiseLevelPercent As Single

'Initialization
SOS1 = 2312
SOS2 = 25432
5  SOS3 = 314432
SOS4 = 4145416
S1S1 = 18496
S1S2 = 203456
S1S3 = 2515456
10  S1S4 = 33163328
S2S2 = 2238016
S2S3 = 27670016
S2S4 = 364796608
S3S3 = 342102016
15  DetS = 53767872

TotalFlaws = 0

NoiseLevelPercent = 0.009 ' 0.01 = 1% noise, 0.05= 5% noise, etc.
*****Read Last Used Values for
*****x1, y1, x2, y2
20  Open "C:\IPWin4\SouthwireTemp.txt" For Input As #1
Input #1, LastDirectory, OldX1, OldY1, OldX2, OldY2
Close #1

'LastDirectory= "C:\IPWIN4\Images\Feb 8\"
'OldX1 = 60
25  'OldY1 = 60
'OldX2 = 80
'OldY2 = 239

ret = IpOutputClear()
ret = IpOutputShow(1)
30  ret = IpStGetName("Select Sequence",LastDirectory,"*.FTS",Iname)
If ret = 0 Then GoTo StopEarly
ret = IpWsLoad(Iname, "FTS")
ret = IpDrShow(1)
ret = IpDrSet(DR_BEST, 0, IPNULL)

```

```

ret = IpSeqSet(SEQ_ACTIVEFRAME, 0)
i=255
While S <> "\"
i=i-1
5   s = Mid$(Iname, i, 1)
    'If s<>"" Then ret = IpOutput("i = " + Str$(i) + " S = " + S$+
    Chr$(13) + Chr$(10))
    Wend
    LastDirectory = Left$(Iname, i)
10  'ShortLastDirectory = Left(Iname, i-1)
    x=255
    While S <> "."
    x=x-1
    If X<1 Then
15  IpOutput("x = " + Str$(x) + " i = " + Str(i) + Chr$(13) +
    Chr$(10))
    GoTo StopEarly
    End If
    S = Mid$(Iname, x, 1)
20  Wend
    'ret = IpOutput("x = " + Str$(x) + " i = " + Str(i) + Chr$(13) +
    Chr$(10))
    x=x-i-1
    Title = Mid$(Iname, i+1, x)
25  ret = IpSeqGet(SEQ_NUMFRAMES, Ndata)
    LineProfID = IpProfCreate( )
    ret = IpProfSetAttr(LINETYPE, THICKVERT)
    ret = IpProfLineMove(OldX1, OldY1, OldX2, OldY2)
    If MsgBox("Please adjust the position of the line. Then press
30  OK",vbOkCancel) = vbCancel Then End
    ret = IpProfGet(GETPOINTS, 0, endPts(0))
    Open "C:\IPWin4\SouthwireTemp.txt" For Output As #1
    Write#1, LastDirectory, endPts(0).x, endPts(0).y, endPts(1).x, endPts(1).y
    Close#1

```

```

ret = lpOutput(Trim$(Title) + Chr$(13) + Chr$(10))
ret = lpOutput(Chr$(13) + Chr$(10))
ret = lpOutput("Coordinates: x1= " + Trim(Str(endPts(0).x))+ " y1=
"+Trim(Str(endPts(0).y))+ " x2= " +Trim(Str(endPts(1).x))+ " y2=
5 "+Trim(Str(endPts(1).y)) + Chr$(13) + Chr$(10))
ret = lpOutput("Image# Flaw?" + Chr$(13) + Chr$(10))
numbins = endPts(1).y-endPts(0).y + 1
ReDim profdat(numbins) As Single
'ret = lpOutput("Numbibs="+Str(numbins) + Chr$(13) + Chr$(10))
10 *****
**
** Read Data and Re-index
**
*****
15 For i=0 To Ndata-1
ret = lpProfGet(GETVALUES, numbins, profdat(0))
ret = lpProfGet(GETSTATS, 0, status(0))
PeakVal = stats(4)
PeakLocation =0
20 j=0
Do
j=j+1
If profdat(j)>14000 Then
Flaw="Skipped Due to Noise"
25 Skipped = Skipped + 1
GoTo SkipFrame
End If
If profdat(j)=PeakVal Then PeakLocation = j
Loop While PeakLocation = 0
30 For j=0 To 16
k=PeakLocation-8+j
LineDat(j) = ProfDat(k)
'ipoutput(Trim(Str(LineDat(j)))+ Chr$(13)+Chr$(10))
Next j

```

```

*****
**
** Second Order Polynomial Fit Routine
**
5 *****
T0=0
T1=0
T2=0
For k=0 To 16
10 T0=T0+LineDat(k)
T1=T1+LineDat(k)*k
T2=T2+LineDat(k)*k^2
Next k
a0=(t0*S2S4+t2*s1s3+t1*s2s3-s2s2*t2-s1s4*t1-s3s3*t0)/DetS
15 a1=(t1*s0s4+t0*s2s3+t2*s1s2-t1*s2s2-t2*s0s3-t0*s1s4)/DetS
a2=(t2*s0s2+t1*s1s2+t0*s1s3-t0*s2s2-t1*s0s3-t2*s1s1)/DetS
PeakIndex = Int(-a1/(2*a2))
If ((PeakIndex<0) Or (PeakIndex>17)) Then
Flaw="Skipped Due to Bad Fit"
20 Skipped = Skipped + 1
GoTo SkipFrame
End If
'ret = IpOutput(Trim(Str(PeakIndex))+ " " + Chr$(13) + Chr$(10))
Fit8=a0+a1 *PeakIndex+a2*PeakIndex^2
25 If (LineDat(PeakIndex)-((1-NoiseLevelPercent)*FitB))<0 Then
Flaw="YES"
TotalFlaws=TotalFlaws+1
Else
Flaw="NO"
30 End If
SkipFrame:
ret = IpOutput(Trim(Str(i))+ " " + Flaw + Chr$(13) + Chr$(10))
'ret = IpOutput("PeakIndex = "+Trim(Str(PeakIndex))+ " " + Flaw +
Chr$(13) + Chr$(10))

```

```
'ret = IpOutput("LineDat-F8 = "+Trim(Str(LineDat(PeakIndex)-Fit8))+
Chr$(13) + Chr$(10))

'ret = IpOutput("="+Trim(Str(a0))+"+ "+Trim(Str(a1))+
"*x"+Trim(Str(a2))+"*x^2"+ Chr$(13) + Chr$(10))
5 'ret = IpOutput(Chr$(13) + Chr$(10))

ret = IpSeqPlay(SEQ_NEXT)

Next i

ret = IpOutput("RESULTS: "+Trim(Str>TotalFlaws))+ " Flaws out of" +
Trim(Str(NData-Skipped))+ " images" + Chr$(13) + Chr$(10))
10 PercentFlaws = Int(((TotalFlaws*100)/(NData-Skipped))*100)/100

ret = IpOutput("Percent of Images with Flaws = "+Trim(Str(PercentFlaws))+
"%")

StopEarly:

End Sub
```

15 Consistente con las realizaciones de la invención, puede usarse un ordenador que ejecute un algoritmo de software para detectar una depresión en un perfil de temperatura. Primero, el perfil de temperatura puede ser suavizado ligeramente para eliminar ruido del sistema. A continuación, el centro del perfil de temperatura puede ser extraído. Un polinomio (por ejemplo un polinomio de orden n^o) puede ser ajustado a los datos extraídos. Un algoritmo usado para ajustar el polinomio puede garantizar que el pico de la curva ajustada puede estar por debajo del pico de los datos reales. A continuación, pueden calcularse los residuales sustrayendo la curva ajustada de los datos reales. Si hay una caída en el centro, entonces los residuales en el centro pueden ser menores de cero. El algoritmo de software que se ejecuta sobre el ordenador puede tomar una decisión con base en el signo de los residuales. Por ejemplo, los residuales menores de cero pueden indicar porosidad en la barra. Los residuales por encima de cero pueden indicar que no hay porosidad. La magnitud de los residuales puede ser usada entonces para clasificar un tamaño de un defecto detectado.

20

25

Ejemplo operacional

La Tabla 1 resume los datos obtenidos utilizando un proceso consistente con realizaciones de la invención. La Tabla 1 muestra que a 45 pies por minuto (FPM), la prueba 1 midió 4.5% de imperfecciones utilizando un micrómetro después de que las barras fueron enfriadas y abiertas por corte. Consistente con las realizaciones de la invención, el proceso de IR midió 5.6% de imperfecciones. La diferencia de 1.1% puede ser atribuida a ruido en el proceso y el método de IR. La prueba 2 a 45 FPM muestra una diferencia de .5% entre las imperfecciones por IR y las medidas. Cuando la rata de fundición se incrementó a 50 y 52 FPM, las imperfecciones por IR y medidas se incrementaban dramáticamente. La diferencia negativa para 50 FPM puede atribuirse a un error en la rata de obturación de la cámara sobre el conteo de las imperfecciones. Estos errores necesitaron ser corregidos y se diseñó un sistema para instalación permanente sobre la máquina de fundición.

30

35

Tabla 1. Datos de correlación para ratas de producción seleccionadas

Velocidad de Barra ¹	Imperfecciones Medidas ²	Imperfecciones detectadas por Imágenes de IR ³	Diferencia ⁴
45 prueba 1	4.5%	5.6%	1.1
45 prueba 2	4.5%	5.0%	0.5
50	17.2%	15.3%	-1.9
52	15.2%	14.8%	0.4

ES 2 526 554 T3

Velocidad de Barra ¹	Imperfecciones Medidas ²	Imperfecciones detectadas por Imágenes de IR ³	Diferencia ⁴
1. Velocidad de la máquina de fundición en ft/minuto 2. Imperfecciones medidas en la barra por un micrómetro 3. Salida del sistema de detección de imperfecciones por IR 4. Diferencia = IR - Medido			

5 La Tabla 2 muestra el efecto de las cifras de ruido diferentes sobre la diferencia entre las imperfecciones medidas por IR consistentes con las realizaciones de la invención y las imperfecciones reales como función del tamaño de la imperfección. Con independencia de la rata de fundición, puede utilizarse un factor de ruido de 0.012 para buscar imperfecciones por encima de 0.003 pulgadas², en 0.0095 para buscar imperfecciones por encima de 0.0019 pulgadas², y 0.0078 para buscar imperfecciones por encima de 0.0007 pulgadas².

Tabla 2 Datos de ruido corregidos

% de diferencia para diferentes velocidades y tamaños de imperfección			
Tamaño de imperfección (in ²)	Grande 0.003	Medio 0.0019	Pequeño 0.0007
Factor de Ruido	.012	.0095	.0078
45 FPM ¹	-0.2	-1.2	-1.0
50 FPM	-0.4	-1.8	-4.9
52 FPM	0.0	3.4	5.6
1. Pies por minuto			

10 En consistencia con las realizaciones de la invención, el tamaño de las imperfecciones detectadas puede ser clasificado. Las imperfecciones pueden ser agrupadas, por ejemplo, en tres grupos de tamaño; pequeñas, medianas y grandes. El tamaño real de las imperfecciones que corresponde a los grupos de tamaño respectivos puede ser dependiente, por ejemplo, de un molino de barras individual. Para clasificar una imperfección, la magnitud de un residual que indica la imperfección puede ser analizada y usada como criterio de clasificación. La Tabla 3 resume los datos que pueden ser utilizados para definir, por ejemplo, los grupos de tamaño de imperfecciones pequeñas, medianas y grandes. A 47, 50 y 52 FPM, las imperfecciones totales contadas pueden dividirse en las tres categorías de tamaño. A continuación pueden dividirse las magnitudes residuales, por ejemplo, en las siguientes:

- Por debajo de 80 = Pequeña
- Por encima de 80 y por debajo de 140 = Mediana
- Por encima de 140 = Grande

20 Estos criterios pueden ser utilizados para calcular un porcentaje de las imperfecciones totales con el cual haya podido contribuir cada categoría. En la Tabla 3, a 44 FPM, el 0.6% de la producción tenía imperfecciones, y de este 0.6%, el 100% fueron imperfecciones pequeñas. A 47 FPM, el 5.6% de la producción tenía imperfecciones, y de ese 5.6%, el 86% eran pequeñas, el 13% eran medianas y el 1% eran grandes. Las imperfecciones a 52 FPM se incrementaron a 7%, de las cuales el 73% eran pequeñas, 23% eran medianas y 4% eran grandes. "Porcentaje de producción con imperfecciones" puede definirse como el porcentaje de pulgadas, centímetros, etc., en una producción que puedan haber sido detectados en una imperfección. Por ejemplo, si el valor es de 10%, entonces cuando se analizan 100 pulgadas de barra de muestra, 10 pulgadas de la muestra pueden contener imperfecciones. Esto puede no indicar, sin embargo, que hay 10 pulgadas de área de imperfección en la muestra.

Tabla 3 Distribución de tamaño de imperfecciones

Velocidad	Tamaño promedio de imperfección	Tamaño máximo de imperfección	Imperfecciones por pulgada	% de producción con imperfecciones	Residuo promedio	% pequeña	% mediana	% grande
44FPM	0.0026	0.019	0.14	0.6	80	100	0	0
47 FPM	0.008	0.216	0.18	5.6	100	86	13	1
52 FPM	0.006	0.240	0.54	7	140	73	23	4

5 En general, en consistencia con las realizaciones de la invención, los módulos de programa pueden incluir rutinas, programas, componentes, estructuras de datos y otros tipos de estructuras que pueden llevar a cabo tareas particulares o que pueden implementar tipos de datos abstractos en particular. Además, las realizaciones de la invención pueden ser practicadas con otras configuraciones de sistemas de ordenador, incluyendo dispositivos de mano, sistemas multiprocesadores, electrónica basada en microprocesador o programable por el consumidor, miniordenadores, ordenadores mainframe, y similares. Las realizaciones de la invención también pueden ser practicadas en ambientes de cómputo distribuidos donde las tareas son llevadas a cabo por dispositivos de procesamiento remotos que están enlazados a través de una red de comunicaciones. En una ambiente de cómputo distribuido, los módulos de programa pueden ser localizados en los dispositivos de almacenamiento de memoria tanto como locales como remotos.

15 Adicionalmente, las realizaciones de la invención pueden ser practicadas en un circuito eléctrico que comprende elementos electrónicos discretos, chips electrónicos empacados o integrados que contienen puertos lógicos, un circuito que utiliza un microprocesador, o sobre un chip individual que contiene elementos electrónicos o microprocesadores. Realizaciones de la invención también pueden ser puestas en prácticas usando otras tecnologías capaces de llevar a cabo operaciones lógicas tales como, por ejemplo, AND, OR, y NOT, incluyendo pero no limitándose a tecnologías mecánicas, ópticas, de fluidos y cuánticas. Además, realizaciones de la invención pueden ser puestas en práctica con un ordenador de propósito general o en cualquier otro circuito o sistema.

20 Realizaciones de la invención, por ejemplo, pueden ser implementadas como un proceso (método) de ordenador, un sistema de cómputo, o como un artículo de manufactura, tal como un producto de programa de ordenador o un medio legible para ordenador. El producto de programa de ordenador puede ser un medio de almacenamiento de ordenador legible mediante un sistema de ordenador y que codifica un programa de ordenador de instrucciones para ejecutar un proceso de ordenador. El producto de programa de ordenador también puede ser una señal propagada en un portador legible mediante un sistema de cómputo y que codifica un programa de ordenador de instrucciones para ejecutar un proceso de ordenador. De acuerdo con lo anterior, la presente invención puede ser incorporada en un hardware y/o en un software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.). En otras palabras, realizaciones de la presente invención pueden tomar la forma de un producto de programa de ordenador sobre un medio de almacenamiento utilizable en un ordenador o legible por un ordenador que tiene un código de programa utilizable en ordenador o legible por ordenador incorporado en el medio para uso por o en conexión con un sistema de ejecución de instrucciones. Un medio utilizable en ordenador o legible por ordenador puede ser cualquier medio que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para uso por o en conexión con el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

35 El medio utilizable en ordenador o legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero no limitarse a, un aparato dispositivo o medio de propagación electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o un sistema de semiconductores. Ejemplos más específicos de medios legibles por ordenadores (una lista no exhaustiva), el medio legible por ordenador puede incluir lo siguiente: una conexión eléctrica que tiene uno o más cables, un disco flexible para ordenador portátil, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria solo de lectura (ROM), una memoria de lectura solamente programable borrable (EPROM o memoria Flash), una fibra óptica, y una memoria solo de lectura de disco compacto portátil (CD-ROM). Nótese que el medio utilizable por ordenador o legible por ordenador podría incluso ser papel u otro medio adecuado sobre el cual se imprime el programa, puesto que el programa puede ser capturado electrónicamente, a través, por ejemplo, de barrido óptico de papel o de otro medio, luego compilado, interpretado o procesado de alguna otra manera de forma adecuada, si es necesario, y luego almacenado en una memoria de ordenador.

45 Realizaciones de la presente invención, por ejemplo, están descritas anteriormente con referencia a diagramas de bloque y/o instrucciones operativas de métodos, sistemas y productos de programa de ordenador de acuerdo con las realizaciones de la invención. Las funciones/acciones anotadas en los bloques pueden presentarse fuera del orden que se ha mostrado en cualquiera de los diagrama de flujo. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión

que en efecto pueden ser ejecutados sustancialmente de manera concurrente o los bloques pueden algunas veces ser ejecutados en el orden inverso, dependiendo de las funcionalidades/acciones involucradas.

- 5 A la vez que ciertas realizaciones de la invención han sido descritas, pueden existir otras realizaciones. Adicionalmente, aunque se han descrito realizaciones de la presente invención asociadas con datos almacenados en memorias y otros medios de almacenamiento, los datos pueden ser almacenados también o leídos a partir de otros tipos de medios legibles por ordenador, tales como dispositivos de almacenamiento secundarios, como discos duros, discos flexibles, o un CD-ROM, una onda portadora de internet, u otras formas de RAM o ROM. Adicionalmente, las etapas de los métodos divulgados pueden ser modificadas de cualquier manera, incluyendo el reordenamiento de etapas y/o inserción o eliminación de etapas, sin apartarse de la invención.
- 10 A la vez que la especificación incluye ejemplos, el alcance de la invención está indicado por las siguientes reivindicaciones. Adicionalmente, en tanto la especificación ha sido descrita en un lenguaje específico para las características estructurales y/o acciones metodológicas, las reivindicaciones no están limitadas a las características o acciones descritas anteriormente. En vez de esto, las características y acciones específicas descritas anteriormente se divulgan como ejemplo para las realizaciones de la invención.

15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para proveer detección de porosidad, comprendiendo el sistema:
- un almacenamiento de memoria; y
- 5 una unidad de procesamiento acoplada al almacenamiento de memoria, en donde la unidad de procesamiento es operativa para:
- crear un perfil de temperatura natural para una fundición;
- ajustar un polinomio al perfil de temperatura natural;
- comparar el perfil de temperatura natural con el polinomio ajustado; y
- 10 indicar que existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, un valor de pico del perfil de temperatura natural es inferior a un valor de pico del polinomio.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde la fundición comprende uno de los siguientes: una fundición de cobre y una fundición de aluminio.
3. El sistema de la reivindicación 1, en donde la unidad de procesamiento que es operativa para crear el perfil de temperatura natural de la fundición comprende la unidad de procesamiento que es operativa para crear el perfil de temperatura natural para la fundición desde un primer borde de la de la fundición hasta un segundo borde de la fundición.
- 15 4. El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la unidad de procesamiento que es operativa para recibir, desde un dispositivo de infrarrojo, los datos correspondientes a la temperatura natural para la fundición.
5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la unidad de procesamiento que es operativa para indicar que no existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, el valor del pico del perfil de temperatura natural es uno de los siguientes: mayor que el valor del pico del polinomio e igual al valor del pico del polinomio.
- 20 6. El sistema de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente la unidad de procesamiento que le es operativa, que en respuesta a la indicación de que no existe el vacío en la fundición, acelera un proceso de fundición asociado con la fundición.
7. El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la unidad de procesamiento que le es operativa, que en respuesta a la indicación de que existe el vacío en la fundición, desacelera un proceso de fundición asociado con la fundición.
8. El sistema de la reivindicación 1, en donde el ajuste del polinomio al perfil de temperatura natural comprende ajustar el polinomio que comprende un segundo orden polinómico.
- 30 9. Un método para proveer detección de porosidad, comprendiendo el método:
- crear un perfil de temperatura natural para una fundición;
- ajustar un polinomio de segundo orden al perfil de temperatura natural;
- comparar el perfil de temperatura natural al polinomio de segundo orden ajustado; y
- 35 indicar que existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, un valor de pico del perfil de temperatura natural es menor que un valor de pico para el segundo orden polinómico.
10. El método de la reivindicación 9, en donde la creación del perfil de temperatura natural para la fundición comprende la creación del perfil de temperatura natural para la fundición que comprende uno de los siguientes: una fundición de cobre y una fundición de aluminio.
- 40 11. El método de la reivindicación 9, en donde la creación del perfil de temperatura natural para la fundición comprende crear el perfil de temperatura natural para la fundición desde un primer borde de la fundición hasta un segundo orden de la fundición.
12. El método de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente recibir, desde un dispositivo de infrarrojo, datos correspondientes a la temperatura natural para la fundición.

13. El método de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente indicar que no existe un vacío en la fundición cuando, en respuesta a la comparación, el valor de pico del perfil de temperatura natural es uno de los siguientes; mayor que el valor de pico del polinomio de segundo orden e igual al valor de pico del polinomio de segundo orden.
- 5 14. El método de la reivindicación 13, que comprende adicionalmente, en respuesta a la indicación de que no existe el vacío en la fundición, acelerar un proceso de fundición asociado con la fundición.
15. El método de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente, en respuesta a la indicación de que existe el vacío en la fundición, desacelerar un proceso de fundición asociado con la fundición.

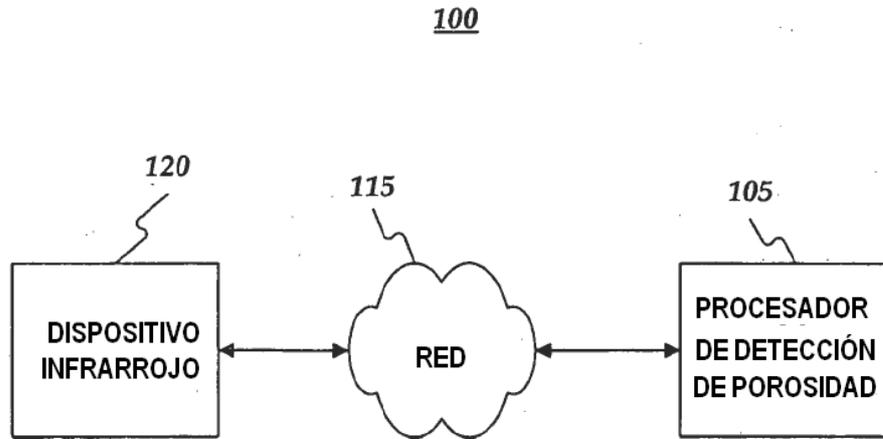


FIG. 1

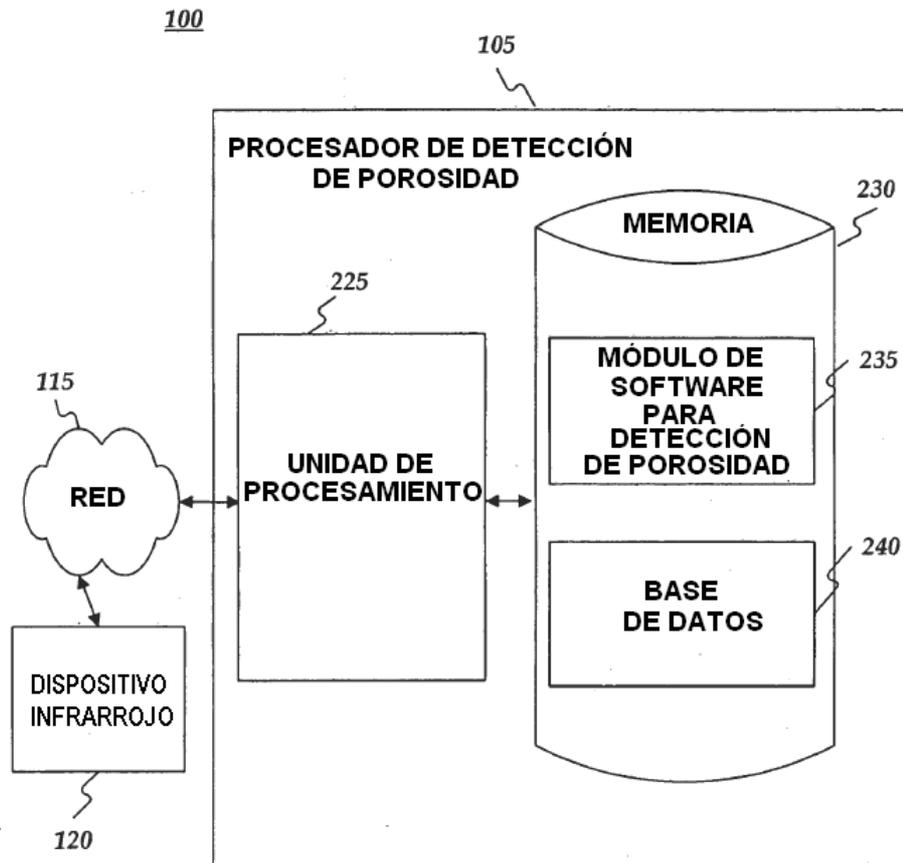


FIG. 2

FIG. 3

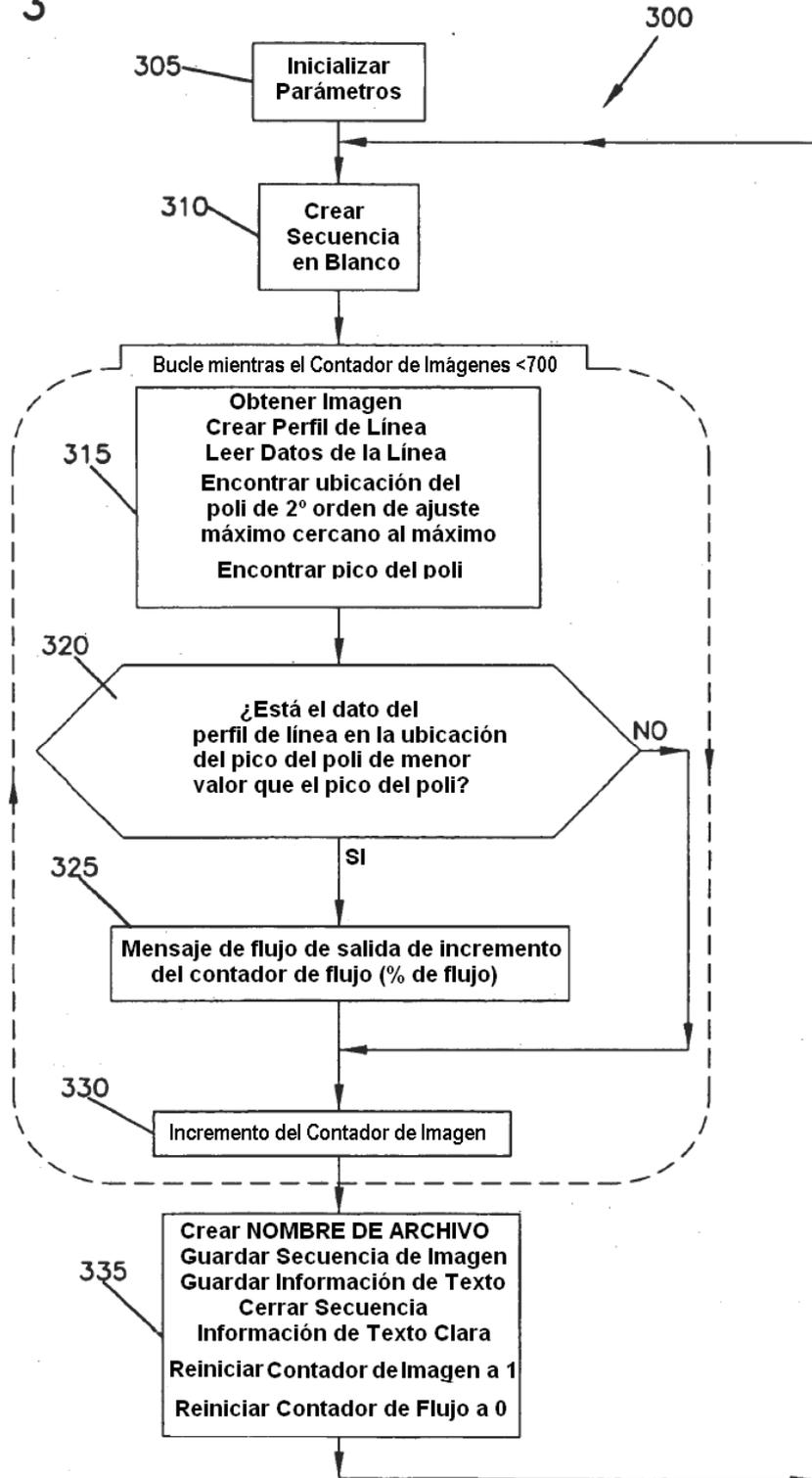


FIG. 4A

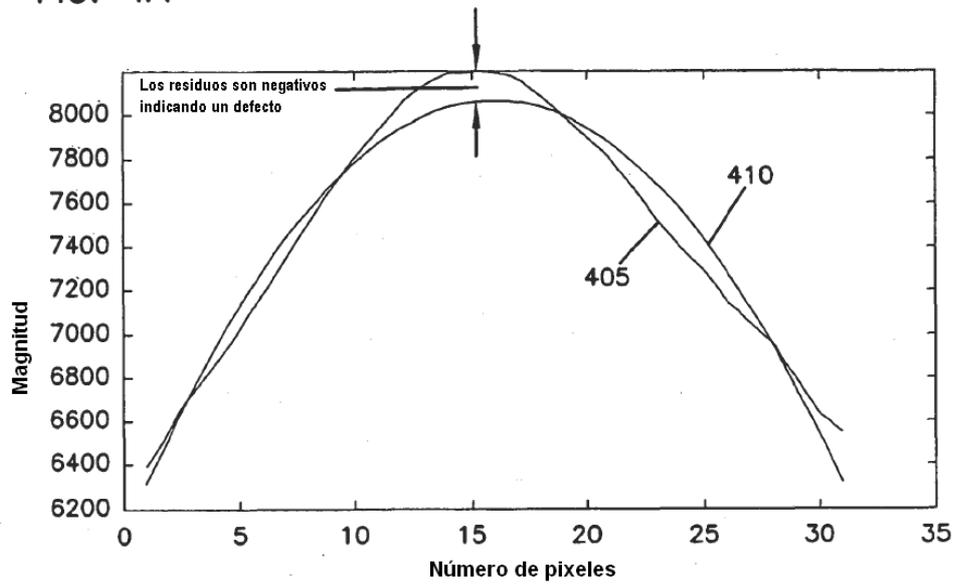


FIG. 4B

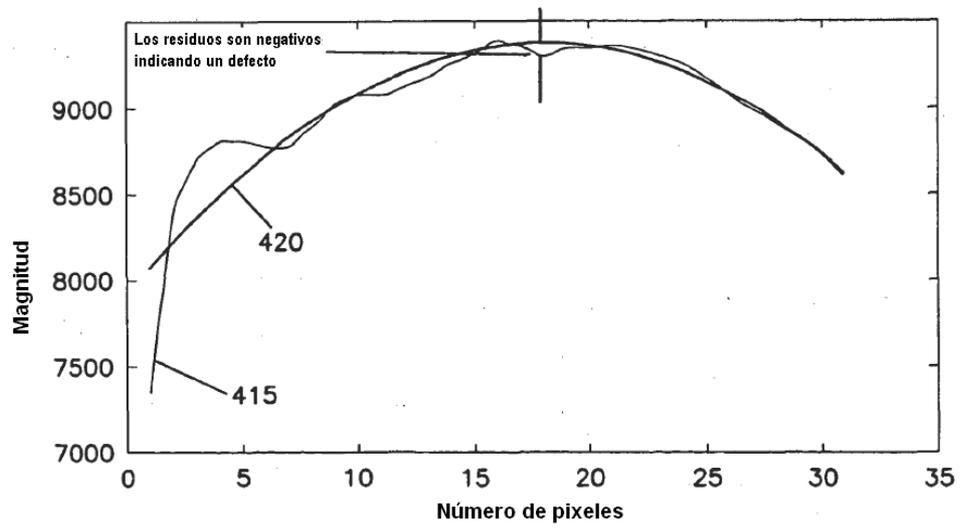




FIG. 5