

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 364**

51 Int. Cl.:

B21J 1/04 (2006.01)

B21J 9/20 (2006.01)

B21C 51/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2005 E 05738947 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2013 EP 1747076**

54 Título: **Método y aparato para optimizar procedimientos de forja**

30 Prioridad:

10.05.2004 US 842145

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

09.04.2013

73 Titular/es:

**SPECIALTY MINERALS (MICHIGAN) INC.
(100.0%)
30600 TELEGRAPH ROAD
BINGHAM FARMS, MICHIGAN 48025, US**

72 Inventor/es:

KIRCHHOFF, STEFAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 400 364 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para optimizar procedimientos de forja.

La presente descripción se refiere a un método y un aparato para optimizar un procedimiento de forja según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 15.

5 Se conoce la utilización de la forja de matriz abierta para conformar y/o embutir una pieza de trabajo metálica entre las matrices superior e inferior de una prensa de forja, especialmente con respecto a las operaciones de forja de piezas de trabajo de gran tamaño (por ejemplo, para maquinaria de generación de energía, cigüeñales), un ejemplo de la cual se conoce a partir de GB 1003 153 A. Un aspecto importante en relación a la calidad de un producto forjado, es una forja uniforme y completa del núcleo de la pieza de trabajo con el fin de eliminar cavidades y otras inclusiones en la pieza de trabajo que deterioran la calidad. Para obtener una consolidación uniforme de la línea central, siendo la línea central la dirección en la que se mueve la pieza de trabajo hacia adelante y hacia atrás, el centro de gravedad de la pieza de trabajo se considera la línea central de una pieza que se está forjando. Se utiliza un proceso conocido como "dentado" para convertir un lingote de fundición de grano grueso en un tocho forjado de grano fino o en otras palabras romper la estructura de fundición gruesa y consolidar los defectos internos en la pieza de trabajo. En muchos talleres de forja, debido a las diversas limitaciones impuestas por la operación de forja de gran envergadura de piezas de trabajo al rojo vivo, los procesos de forja son controlados por operarios. En tales procesos, el operario controla la consolidación de la línea central mediante inspección visual para determinar las áreas de consolidación de la última pasada del forjado, que aparecen como estructuras brillantes en el lateral de la pieza de trabajo. A partir de la experiencia, luego el operario estima la ubicación de los próximos golpes del dentado o "puntos de configuración" para mejorar la consolidación de la línea central.

10 Sin embargo, pueden producirse variaciones en el proceso de control del operario relacionado y también variaciones de la calidad de la consolidación alcanzada, lo que puede conducir a un alto nivel de rechazos en términos de la gestión de calidad y de la economía. Además, si una pieza de trabajo no se inspecciona para ver la ausencia de tales defectos hasta que ha sido primero embutida o deformada, las cavidades e inclusiones originadas en el proceso de fundición pueden permanecer después en el proceso de forja. Normalmente estos defectos requieren un forjado adicional y/o desechar la pieza de trabajo, lo que puede resultar en la pérdida de tiempo de trabajo, material y/o costes de energía.

15 Lo anterior ilustra las limitaciones conocidas que existen en la actualidad en los aparatos de control de la forja y en los métodos. Así parece que sería ventajoso proporcionar una alternativa orientada a superar una o más de las limitaciones establecidas anteriormente. En consecuencia, se describen a continuación aparatos de control de la forja y métodos alternativos incluyendo las características descritas seguidamente con más detalle.

Compendio de la invención

Según la presente invención, se proporcionan un método y un aparato para optimizar la forja de una pieza de trabajo que se desplaza a lo largo de un eje longitudinal de una prensa de forja.

20 Los anteriores y otros aspectos se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se la considere junto con las figuras de dibujos adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

la figura 1 es una vista en perspectiva del sistema de control de la forja utilizado junto con una prensa de forja según la presente invención;

30 la figura 2 es una vista superior del sistema de control de la forja utilizado junto con una prensa de forja según la presente invención;

la figura 3 es un gráfico del perfil medido de una pieza de trabajo generado mediante mapeado de la superficie objetivo cuando cruza el plano de medición de acuerdo con la presente invención;

la figura 4 es un dibujo esquemático que ilustra el desplazamiento de la entalla de un proceso de forja;

45 la figura 5 es un diagrama de flujo que representa rutinas utilizadas para implementar el método según la presente invención;

la figura 6 es un dibujo esquemático que ilustra un modelo de consolidación de línea central.

Descripción detallada de la invención

50 La invención se entiende mejor mediante la referencia a los dibujos adjuntos en los que los números de referencia similares se refieren a piezas similares. Se debe hacer hincapié en que, según la práctica común, las diferentes dimensiones de las partes componentes del aparato mostradas en los dibujos no están a escala y se han aumentado para mayor claridad. También, las designaciones direccionales "izquierda" o "derecha" no deben

interpretarse como limitadas a ninguna orientación específica sino que, más bien, tienen la finalidad de referencia, ya que pertenece a las vistas que se muestran en las figuras del dibujo.

5 Según el aparato y el método de la presente invención como se describe en este documento, se proporciona un método sin contacto y un aparato para controlar una operación de forja utilizando un láser sin contacto de medición del perfil. El método y el aparato son especialmente útiles para controlar la consolidación de la línea central de una pieza de trabajo durante una operación de dentado.

10 Brevemente, el método de la presente invención mide la longitud en tiempo real de una pieza de trabajo entre pasadas de la forja. Esta medición es necesaria para un registro preciso de las áreas de consolidación de la línea central. Esta medición es también necesaria porque la longitud no se puede deducir de mediciones de bases de datos anteriores y/o teóricas debido a la falta de homogeneidad de la calidad de la pieza de trabajo tales como las propiedades químicas y físicas. Por lo tanto, la elongación después de cada golpe no se puede predecir. Esta medición se consigue mediante un escáner de láser bidimensional, que mide el perfil transversal del extremo de la pieza de trabajo cuando cruza un plano de medición. Este método también incluye calcular el grado actual de consolidación de la línea central y el desplazamiento de la entalla y/o del punto de configuración para una próxima pasada de la forja. La posición de la próxima pasada de la forja se marca luego a lo largo en una pantalla de proceso con todas las pasadas anteriores de los golpes de la forja para mostrar el grado de consolidación de la línea central. Esto se hace mediante un programa de ordenador que presenta los puntos de configuración anteriores a lo largo de la pieza de trabajo junto con la posición potencial del siguiente punto de configuración en gráficos en tiempo real. El programa después o bien sugiere o selecciona automáticamente para un operario de forja el siguiente punto de configuración, que tiene en cuenta todas las condiciones generales y especiales de frontera del taller de forja.

20 Con referencia a las figuras en las que las referencias numéricas similares indican estructuras similares en todo momento, la figura 1 muestra una vista en perspectiva del presente sistema 10 de control de la forja tal como se utiliza en conjunción con una pieza de trabajo 30 que se está forjando entre una matriz superior 32 y una matriz inferior 34 de una prensa de forja. El sistema 10 de control de la forja tal como se configura para utilizar en una prensa de forja se puede ver más claramente a partir de la vista superior de la figura 2 y que tiene una pinza 35 manipuladora y una cadena 36 de manejo para apoyar y manipular la pieza de trabajo 30.

25 El sistema 10 de la figura 1 utiliza un cabezal 14 de escaneo láser que se configura en un modo de línea de escaneo y que se conecta al equipo 15 de apoyo ubicado dentro de un cuarto de control 12. Como se ve en la figura 1, el equipo 15 de apoyo utiliza un monitor 16 con pantalla de video en color, una impresora 20 de imagen en color, una unidad 22 de proceso central y una electrónica 24 de interfase. Se proporciona también una estación de trabajo 17, que emplea un teclado u otros medios 28 de entrada de comandos, unida al equipo 15 de apoyo.

30 Un cabezal 14 de escanear con láser, equipamiento 15 de apoyo y software para efectuar mediciones sin contacto de la pieza de trabajo y el cálculo consecuente de sus dimensiones y/o forma están disponibles comercialmente en FERROTRON Technologies, GMBH, Industrial Measurement Technology, Moers, Alemania, una división de Minerals Technologies Inc., como el sistema de formación de imágenes LACAM (Laser Camera), Modelo EI 13. Tal equipamiento de medición sin contacto incluye un escáner láser de línea que utiliza dos componentes principales:

- 1) Una unidad láser de medición de distancia, por ejemplo, un tramo de medición de tiempo de un láser de semiconductor pulsado, y
- 2) Una unidad óptica de un eje de desviación del haz, por ejemplo, un espejo circular que gira continuamente con un sensor del ángulo de rotación.

45 El presente inventor con otros ha descrito anteriormente en su publicación de la solicitud de patente internacional WO/01/38900A1, un sistema de medición de perfil con láser LACAM útil en la medición sin contacto de revestimientos refractarios de recipientes metálicos. Esta tecnología se basa en escanear rápidamente la desviación de un rayo láser pulsado sobre una superficie de refractario a medir. Para llevar a cabo la medición, se registra una rejilla tridimensional de los valores de medición. La desviación periódica del láser que se requiere para este objetivo se consigue en ambas direcciones vertical y horizontal por medio de un espejo que gira alrededor de ambos ejes horizontal y vertical.

50 En el documento titulado "Laser Measurements on Large Open Die Forging (LACAM-FORGE)", el presente inventor con otros ha descrito también la utilización de un sistema de medición del perfil LACAM para la medición tridimensional de la pieza de trabajo caliente después del proceso de forja y se obtiene un perfil de la pieza de trabajo. Los datos derivados de estas mediciones se utilizan para determinar información geométrica importante de la pieza de trabajo, es decir, longitud, anchura, altura, lisura, etc. Además, se describe en ese documento que la medición de una pieza de trabajo se realiza utilizando un cabezal de medición LACAM como el descrito en WO/01/38900A1, excepto que el cabezal de escaneo se monta en una posición fija para girar en por lo menos una dirección vertical u horizontal, proporcionando de este modo una línea de barrido como la producida por el escáner de láser de línea.

55 El cabezal 14 de escaneo LACAM mostrado en la figura 1 y en la figura 2 se opera también en un modo de línea de barrido bidimensional para medir un perfil de la pieza de trabajo desde el lateral y detectar el final de la pieza de

trabajo siempre que cruza el plano de medición. Utilizando el modo de línea de barrido, las desviaciones de los pulsos de láser se producen en un plano perpendicular al eje de rotación. Si un extremo de la pieza de trabajo que se está forjando cruza este plano de medición, los pulsos del láser del cabezal de escaneo chocan con la superficie de la pieza de trabajo como se muestra en la figura 1. Si la velocidad de rotación del espejo en el cabezal de escaneo es constante y/o invariable y la cadencia de repetición del láser es constante y/o invariable, los ángulos de desviación de cada rayo láser tienen distancia angular equivalente. El valor de la distancia de cada medición de láser individual se registra simultáneamente con el ángulo de rotación del espejo para proporcionar un sistema de coordenadas para la prensa de forja. Mediante la combinación de ambos valores, se puede obtener un mapa de coordenadas cartesianas de dos dimensiones para cualquier superficie objetivo contra la que chocan los rayos láser. Si se dibujan estos puntos en un gráfico de dos dimensiones, se puede ver en pantalla el perfil medido de la pieza de trabajo 30 cruzando el plano de medición.

Mediante el movimiento longitudinal del extremo de la pieza de trabajo perpendicular al plano de medición se obtienen y combinan perfiles para proporcionar un perfil de tres dimensiones como se muestra en la figura 3. Mediante el análisis de esta superficie medida, el ordenador puede determinar los puntos de inflexión en la curvatura del extremo 38 de la pieza de trabajo (figura 2). En el caso de la pieza de trabajo 30 mostrada en la figura 1 y en la figura 2, el punto de inflexión del extremo 38 izquierdo de la pieza de trabajo mantenido por la cadena 36 de manejo se muestra calculado a partir de la medición del perfil mostrado en la figura 3 para determinar la posición del borde 38 izquierdo. La diferencia entre las posiciones del borde 39 (borde a mano derecha) de referencia y el borde para la medición de la longitud se calcula después para determinar la longitud en tiempo real de la pieza de trabajo después de cada pasada de forja. El borde derecho de la pieza de trabajo 30 se mide al inicio del proceso mediante la alineación del extremo derecho de la pieza de trabajo 30 con el borde a mano derecha de la matriz 34 inferior, siendo este el borde 39 de referencia mostrado en la figura 2. El borde de referencia permanece normalmente constante y/o invariable. El proceso también se podría configurar de manera que el borde de referencia fuese el borde a mano izquierda.

Como consecuencia, la longitud actual de la pieza de trabajo 30, que aumenta durante cada golpe individual, se puede medir en tiempo real durante la operación de forjado bajo condiciones de producción. Como los sistemas de medición LACAM y su operación para medición sin contacto se describen en detalle en WO/01/38900A1 y en "Laser Measurements on Large Open Die Forging (LACAM-FORGE)", este método de medición se describirá a continuación con respecto a las modificaciones necesarias para efectuar la consolidación de la línea central en un proceso de forja.

El método de la presente invención incluye también calcular el grado actual de consolidación de la línea central mediante los siguientes parámetros:

a) El desplazamiento de la entalla, que es la distancia 41 entre la posición 44 de configuración propuesta (es decir, la posición central del área de contacto entre la matriz y la pieza de trabajo a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo) y la posición de configuración más próxima de la pasada 42 anterior. Las posiciones de configuración más próximas de las pasadas anteriores son influenciadas por ello y reposicionadas para tener en cuenta el aumento de la longitud (elongación) de la pieza de trabajo que tiene lugar después de cada golpe individual de forjado.

b) La relación de entalla (S_b/H_o), que se muestra ilustrada en la figura 4, es la relación de la anchura del área de contacto entre la matriz 32 superior y la matriz 34 inferior y la pieza de trabajo 30 (ancho efectivo de la matriz plana, S_b) y la altura (H_o) de la pieza de trabajo. Se requiere una relación de entalla de por lo menos 0,5 para obtener un efecto de consolidación aceptable.

Además, el método y el aparato de la presente invención efectúan la consolidación de la línea central mediante el cálculo del desplazamiento de la entalla para el próximo golpe de forjado según el diagrama de flujo del sistema de software de medición como se muestra en la figura 5, descrito en los párrafos que siguen a continuación.

Al acoplar el aparato mediante la activación de un botón de arranque de la estación de trabajo 17 (1) el borde 39 derecho (borde de referencia) de la pieza de trabajo 30 se alinea con el borde derecho de la matriz 34 inferior y/o la matriz 32 superior y se registra la posición. La medición (100) empieza ahora. El sistema se inicia mediante el reseteo del número de pasada y el número de golpe a cero (110).

El borde izquierdo de la pieza de trabajo 30 se pasa a través del plano de medición del escáner de línea para determinar dónde se localiza (130) el punto de inflexión del borde 38 izquierdo de la pieza de trabajo 30. A partir de estas mediciones se obtiene la longitud de la pieza de trabajo.

Si el número de pasada actual es igual a cero, el número de pasada se aumenta en una unidad si no, el sistema espera hasta que la pieza de trabajo gire sobre un eje longitudinal con un ángulo de 90 grados (140) y el número de pasada se aumente en una unidad (142).

Después de la primera pasada, la elongación de la pieza de trabajo se calcula dividiendo la longitud actual de la pieza de trabajo por la longitud de la pasada anterior (144). Las posiciones de los puntos de configuración anteriores se corrigen basándose en la elongación (146) determinada de la pieza de trabajo.

ES 2 400 364 T3

La rutina (200) de optimización del desplazamiento de la entalla se inicia produciendo una propuesta para la localización del próximo punto de configuración que se muestra en la pantalla 16 del operario. El operario decide si aceptar la propuesta para la localización del próximo punto de configuración o elegir un punto de configuración diferente. La optimización de la entalla se calcula mediante la búsqueda de la consolidación de la mejor línea central, que se puede expresar mediante las fórmulas siguientes:

$$I) d_n = S_b - H_o/F, \text{ en donde si } (d_n < 0) \text{ entonces } d_n = 0 \text{ y } F \geq 2$$

donde d_n es la anchura del área de consolidación de la línea central del golpe y "n" es el número de golpe, es decir 1, 2, 3, etc., y "F" es un factor empírico con un valor mínimo igual a 2. Como se muestra en la figura 6, la anchura del área de consolidación de la línea central depende de la anchura efectiva de la matriz (S_b) y de la altura (H_o) de la pieza de trabajo (figura 6) que se puede obtener a partir de la medición del láser de escáner de línea.

$$II) D = \text{la suma total de } d_n,$$

donde D es la anchura total de las áreas de consolidación a lo largo del eje central, donde no se incluye la superposición de las áreas en el cálculo.

$$III) Q = 100\% * D/L$$

donde Q es el porcentaje de calidad de la consolidación de la línea central y L es la longitud de la pieza de trabajo. Si $D = L$, entonces se ha conseguido la consolidación a lo largo de toda la longitud de la pieza de trabajo.

El sistema espera una señal (148) de que la matriz 32 superior está presionando hacia abajo sobre la pieza de trabajo 30. Después de detectar la señal el sistema comprueba la relación de entalla (149). Si la relación de entalla es menor que 0,5, el sistema espera la siguiente señal (148). En caso contrario, el número del golpe se aumenta en una unidad (150).

La posición del manipulador 35 se registra y compara con las posiciones del borde 38 izquierdo y del borde 39 derecho de la pieza de trabajo 30 con el fin de determinar la posición de configuración del golpe (152) actual.

El sistema comprueba ahora si se ha forjado (154) la pieza de trabajo completamente. Si la pieza de trabajo no se ha forjado completamente, se calcula una nueva optimización (200) del desplazamiento de la entalla que conduce a una propuesta para el siguiente punto de configuración. Si la pieza de trabajo se ha forjado completamente en la pasada actual, el programa espera que el borde 38 izquierdo de la pieza de trabajo 30 cruce el plano (130) de medición del escáner láser de línea y se determine la longitud de la pieza de trabajo.

Después de que se forja la última pasada, el seguimiento y la rutina de optimización del desplazamiento de entalla se terminan (164). Se genera un informe que muestra la distribución de los puntos de configuración y la calidad de la consolidación (160) de la línea central.

Se almacena (162) un archivo de medición en una unidad 22 de proceso central y los datos del proceso almacenados se pueden utilizar para visualización periférica.

La figura 6 ilustra cómo se puede calcular la anchura del área de consolidación de la línea central.

Un seguimiento y registro 40 de optimización del desplazamiento de la entalla ayudan al operario de la forja en la visualización del proceso en la cual el seguimiento de la entalla y desplazamiento 41 de la entalla se muestran para ambas zonas de consolidación de golpes 42 anteriores y una posición de punto de configuración propuesto (es decir, ubicación de forjado propuesta) se muestra para un próximo golpe 44 de forjado. Se muestran una impresión 47 del golpe anterior en la pasada actual y la posición en tiempo real de la pieza de trabajo 30 con respecto a la matriz 32 superior, la matriz 34 inferior y el plano 45 de medición del escáner de láser de línea. Se muestra también un cursor 46 que muestra en pantalla una posición de configuración potencial actual que puede ser seleccionada por el operario de la forja. Se muestra una información de campo 48 que muestra en pantalla el índice de calidad calculado de la consolidación de la línea central para a posición de configuración de la ubicación del cursor 46. Las posiciones del punto de configuración anterior y propuesta y el cursor son identificables por al menos el color, la forma y/u otros indicios.

El método y aparato según las presentes enseñanzas ayudan al operario a tomar decisiones sobre las posiciones del punto de configuración, porque la información en tiempo real sobre la consolidación de la línea central actual se proporciona de manera que todos los puntos de configuración antiguos se visualizan en una pantalla de ordenador. La posición del siguiente punto de configuración potencial se muestra en pantalla y se calcula el factor de calidad para este punto de configuración. El método proporciona una propuesta para el punto de configuración óptimo, que se calcula utilizando normas generales y específicas del cliente y condiciones de contorno. Las enseñanzas actuales incluyen una visualización en tiempo real de los procesos y la posibilidad de almacenar los datos del proceso para la visualización periférica que se pueden utilizar para nuevos análisis, por ejemplo, para evaluar el trabajo de los operarios y así mejorar el proceso.

Aunque lo descrito anteriormente se basa en la capacidad de un control interactivo por medio de un operario, el proceso también se puede configurar totalmente automatizado de tal manera que al dar un operario una señal de arranque, el software trabaja automáticamente hasta un número de pasadas definido y se genera automáticamente un informe de medición.

- 5 Aunque se han mostrado y descrito realizaciones y aplicaciones de esta invención, será evidente para los expertos en la técnica que son posibles muchas más modificaciones sin apartarse de los conceptos inventivos reivindicados en esta memoria. Por ejemplo, a pesar de lo descrito anteriormente con respecto a utilizar el aparato de medición LACAM, se prevé que el método de forja optimizado según la presente invención pueda funcionar utilizando otros métodos electro-ópticos y aparatos como una cámara CCD con procesador de imagen; un sencillo sensor de luz en el caso de piezas de trabajo pequeñas que tienen un extremo cortado simple; y/o utilizando un escáner de láser directamente sobre el extremo de las piezas de trabajo en la dirección de la elongación. Se entiende, por lo tanto, que la invención es capaz de tener modificaciones y por lo tanto no se limita a los detalles precisos expuestos. Más bien, se pueden hacer modificaciones en los detalles dentro del alcance y rango de los equivalentes de las reivindicaciones.
- 10

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de forjado de una pieza de trabajo que se mueve a lo largo de un eje longitudinal de una prensa de forja y que tiene un primer y un segundo extremos transversales al mismo, caracterizado porque comprende:
- 5 detectar las posiciones relativas del primer y segundo extremos de la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal mediante la detección de la presencia de cada uno del primer y segundo extremos cuando cada uno del primer y segundo extremos cruza un plano de medición transversal al eje longitudinal, calcular una longitud de la pieza de trabajo entre el primer y segundo extremos, determinar la altura (H_0) inicial de la pieza de trabajo transversal al eje longitudinal, y calcular una relación de entalla (S_b/H_0) para una posible ubicación de forjado, en donde S_b es una anchura efectiva de matriz plana de la prensa de forja, y
- determinar si la relación de entalla es mayor que 0,5.
- 10 2.- El método según la reivindicación 1, en donde la detección de las posiciones relativas del primer extremo y del segundo extremo se realiza utilizando un aparato de escaneado láser.
- 3.- El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde si la relación de entalla calculada es mayor que 0,5, se identifica la posible ubicación de forjado como una propuesta de ubicación de forjado.
- 15 4.- El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde después de haber realizado un golpe de forjado mediante la prensa de forja: se detectan las posiciones relativas del primer y segundo extremos de la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal y se calcula una longitud de la pieza de trabajo entre los mismos; y se mueve de forma iterativa la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal hacia una nueva propuesta de ubicación del forjado y se determina si la relación de entalla es mayor que 0,5.
- 20 5.- El método según la reivindicación 4, que comprende además calcular la consolidación de la línea central para la ubicación de forja propuesta antes de realizar el golpe de forjado.
- 6.- El método según la reivindicación 5, en donde la consolidación de la línea central se calcula mediante la ecuación:
- 25 $d_n = S_b - H_0/F$, donde si ($d_n < 0$) entonces $d_n = 0$ y $F \geq 2$, donde: d_n es la anchura del área de consolidación de la línea central del golpe y n es el número de golpe, S_b es la anchura efectiva de la matriz plana, H_0 es la altura de la pieza de trabajo y F es un factor empírico con un valor mínimo de 2.
- 7.- El método según la reivindicación 6, en donde la consolidación de la línea central se calcula mediante la ecuación:
- $D = \text{suma total de } d_n$, donde: D es la anchura total sumada de las áreas de consolidación a lo largo del eje central, donde no se incluye en el cálculo la superposición de las áreas.
- 30 8.- El método según la reivindicación 5, en donde la consolidación de la línea central se calcula mediante la ecuación:
- $Q = 100\% \cdot D/L$, donde: Q es el porcentaje de calidad de la consolidación de la línea central y L es la longitud de la pieza de trabajo.
- 35 9.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en donde la consolidación de la línea central se emite gráficamente.
- 10.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde, después de haber realizado un golpe de forjado en una ubicación, las ubicaciones de los golpes de forjado se emiten gráficamente.
- 11.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en donde la ubicación posible de forjado se selecciona automáticamente como ubicación de forjado real.
- 40 12.- El método según la reivindicación 1, en donde si la relación de entalla calculada es menor o igual que 0,5, se realiza el paso del movimiento iterativo de la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal hacia una nueva ubicación propuesta de la forja hasta que la relación de entalla calculada sea mayor de 0,5, y se identifica la ubicación posible de forjado como una ubicación propuesta de forjado.
- 45 13.- El método según la reivindicación 12, en donde después de haber realizado un golpe de forjado mediante la prensa de forja: se detectan las posiciones relativas del primer y segundo extremos de la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal y se calcula una longitud de la pieza de trabajo entre los mismos; y se mueve de forma iterativa la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal hacia una nueva propuesta de ubicación del forjado y se determina si la relación de entalla es mayor de 0,5.

14.- El método según la reivindicación 13, que comprende además calcular una consolidación de la línea central para la ubicación de forjado propuesta con anterioridad a la realización del golpe de forjado.

5 15.- Un aparato para una pieza de trabajo que se mueve a lo largo del eje longitudinal de una prensa de forja y que tiene un primer y un segundo extremos transversales al mismo, caracterizado porque comprende: un escáner óptico para detectar las posiciones relativas del primer y segundo extremos de la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal detectando la presencia de cada uno del primer y segundo extremos cuando cada uno del primer y segundo extremos cruza un plano de medición transversal al eje longitudinal, medios para calcular una longitud de la pieza de trabajo entre el primer y segundo extremos, y para determinar la altura (H_0) inicial de la pieza de trabajo transversal al eje longitudinal, y medios para calcular una relación (S_b/H_0) de entalla para una posible ubicación de forjado sobre la pieza de trabajo, en donde S_b es una anchura efectiva de la matriz plana de la prensa de forja, y para determinar si la relación de entalla es mayor de 0,5.

10 16.- Un aparato según la reivindicación 15, en donde la detección de las posiciones relativas del primer y segundo extremos se realiza utilizando un aparato de escaneo láser y moviendo de forma iterativa la pieza de trabajo a lo largo del eje longitudinal hacia una nueva ubicación de forjado propuesta y determinando si la relación de entalla es mayor de 0,5.

Figura 1

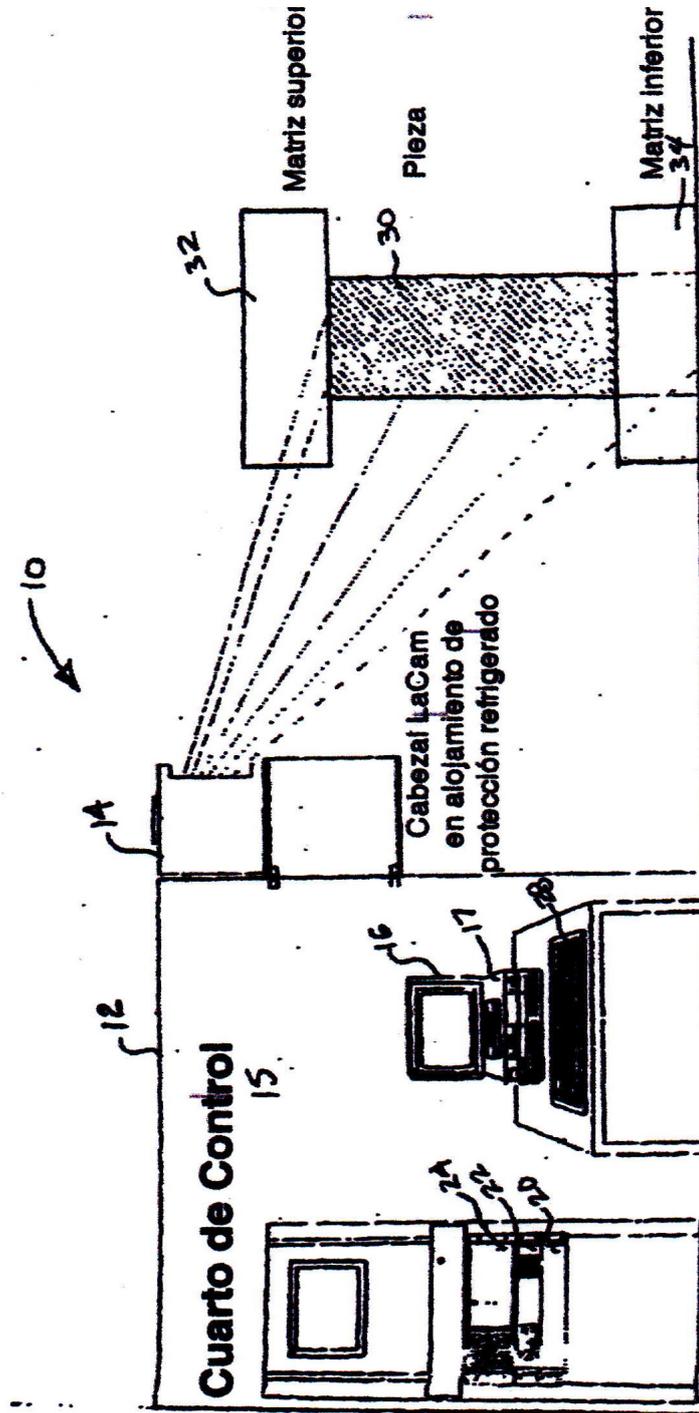
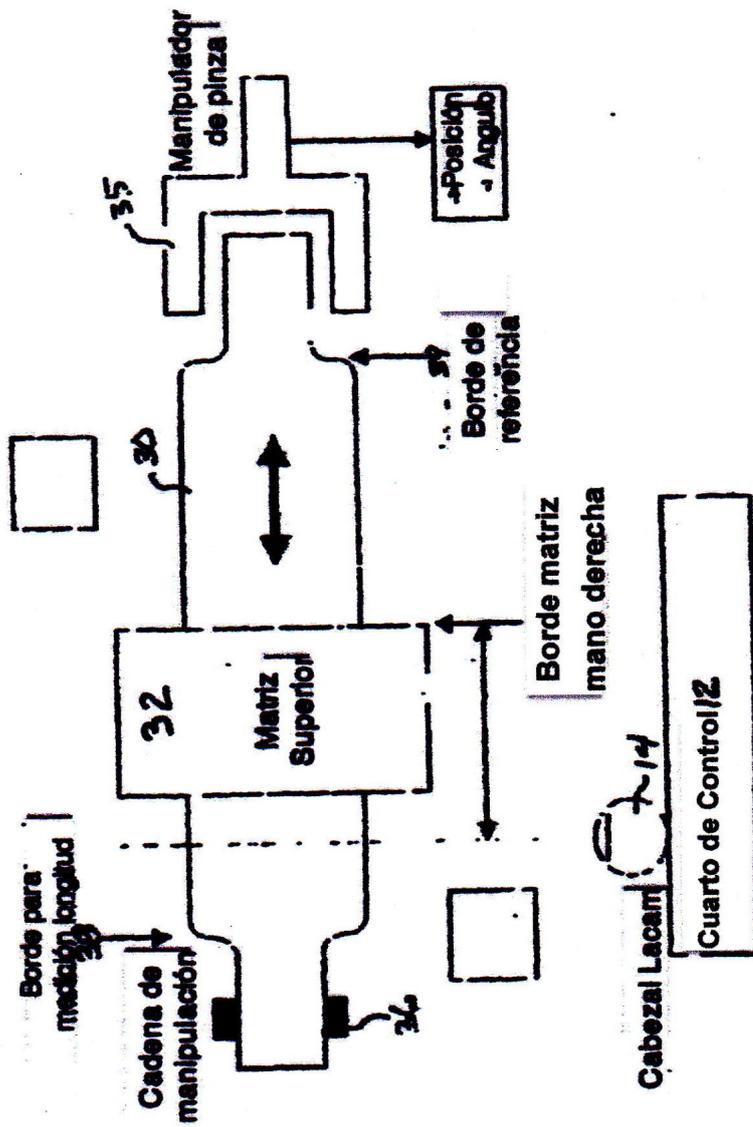


Figura 2



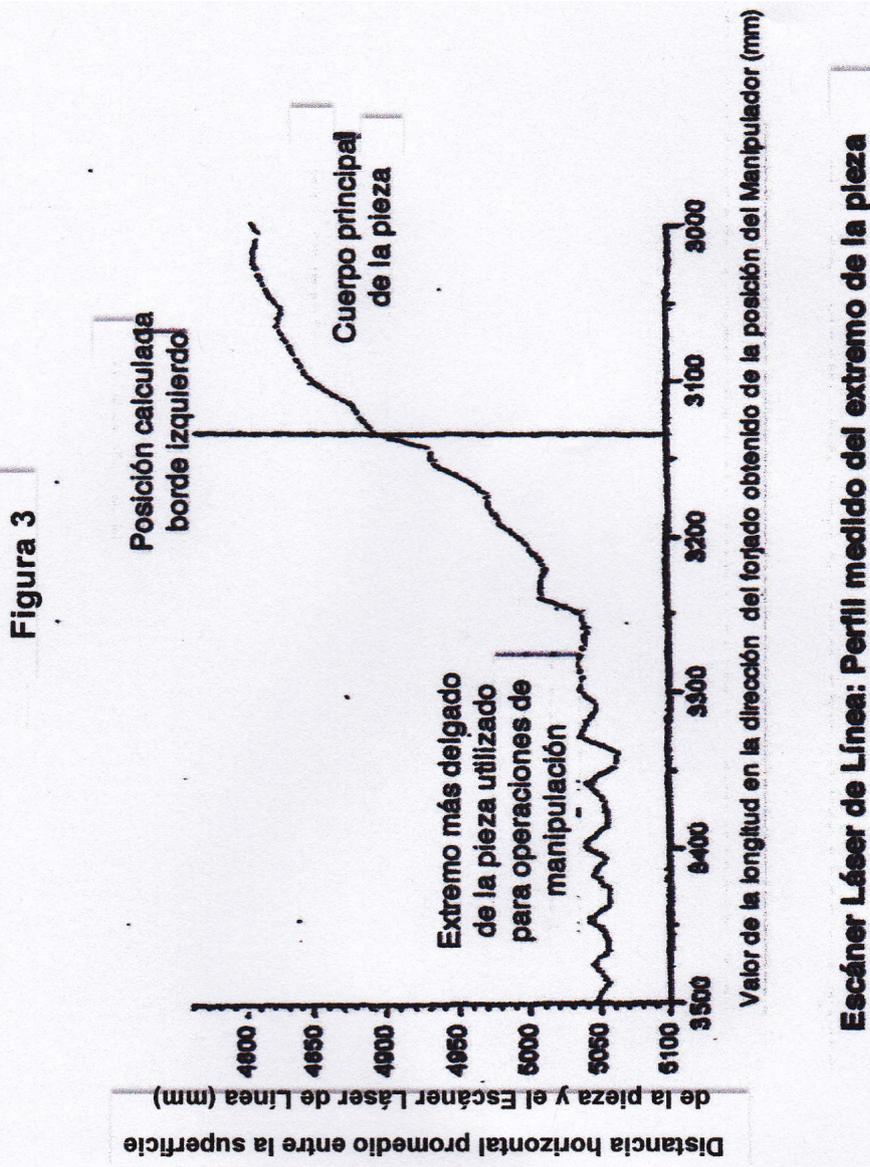
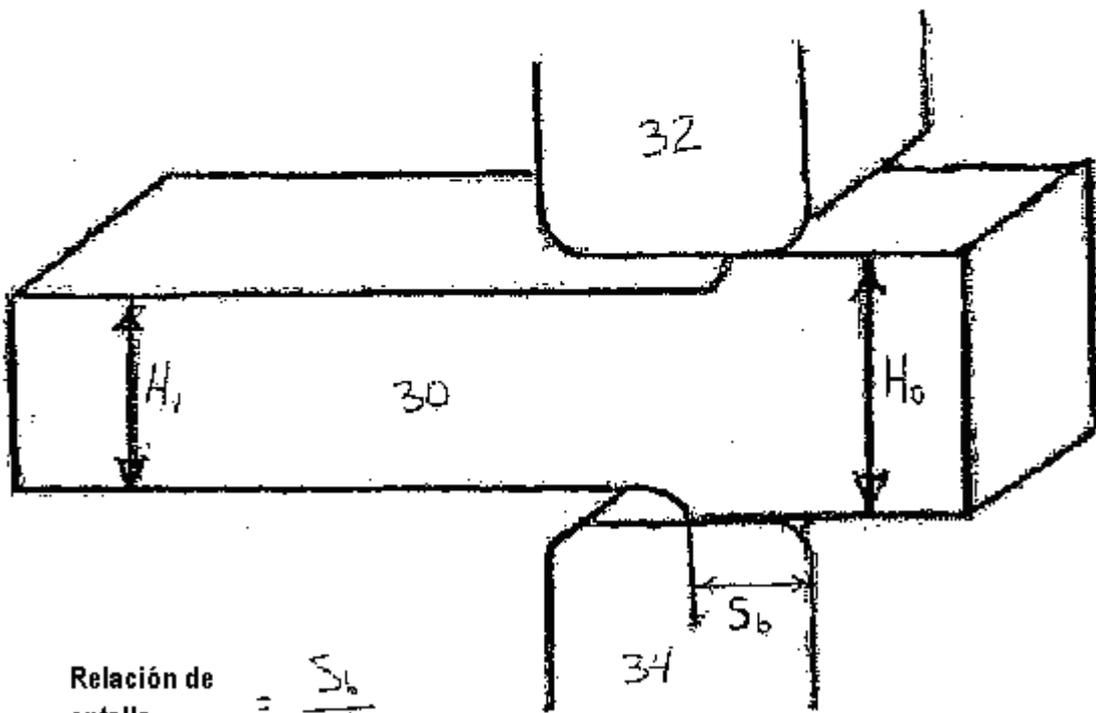
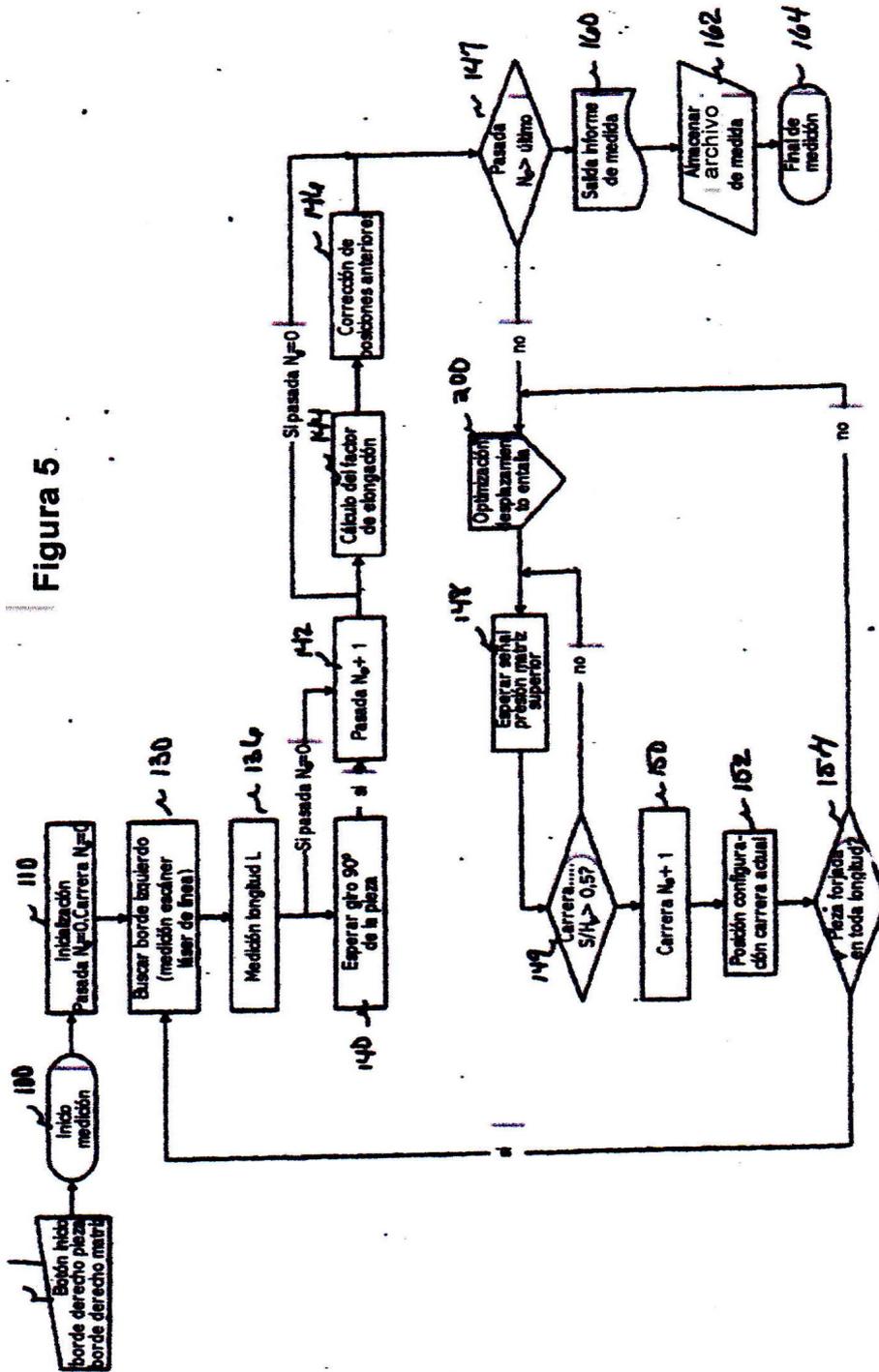


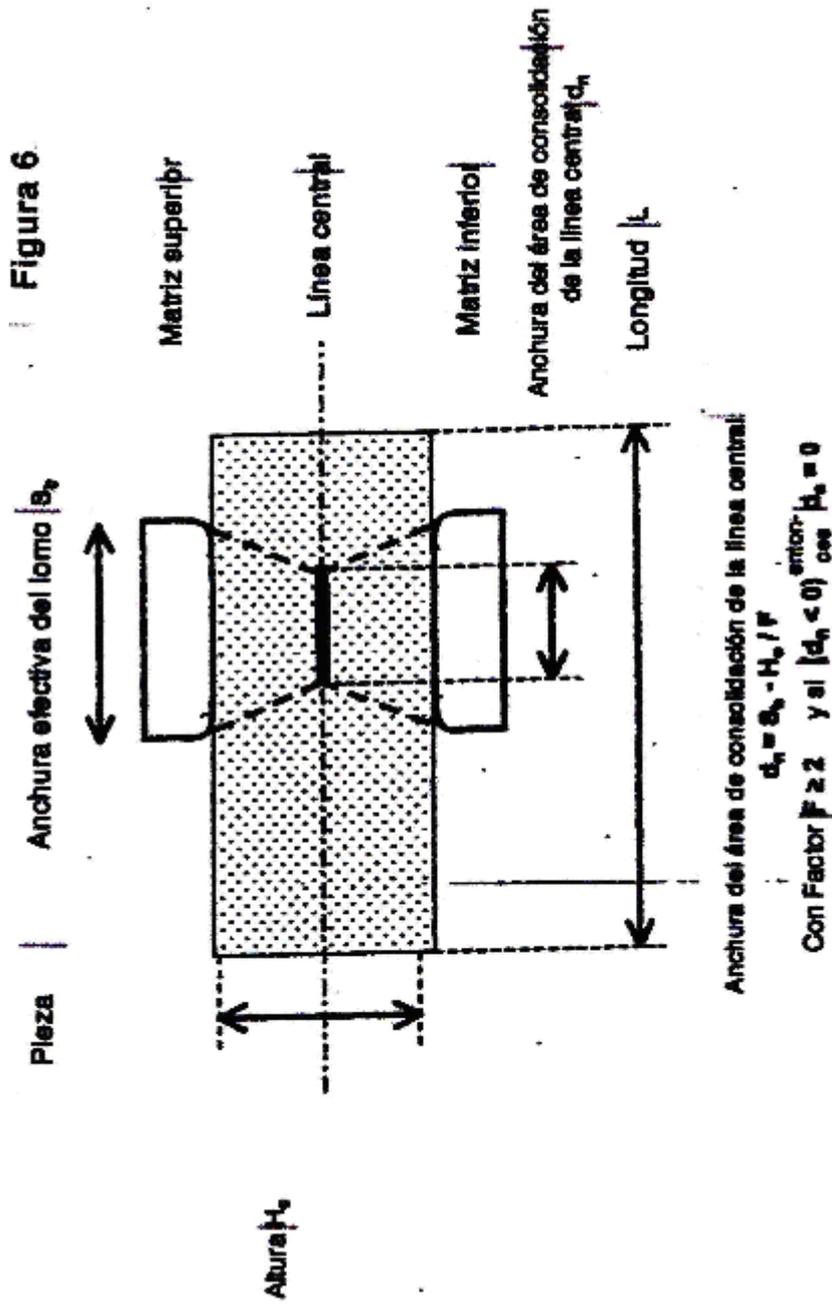
FIGURA 4



Relación de entalla = $\frac{S_0}{H_0}$

Figura 5





Seguimiento del proceso: modelo consolidación de la línea central