

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 704**

51 Int. Cl.:

B21D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2016 E 16172435 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 3100794**

54 Título: **Métodos y aparato para determinar una posición de profundidad de caída de máquinas de acondicionamiento de material**

30 Prioridad:

03.06.2015 US 201514729821

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

08.10.2019

73 Titular/es:

**THE BRADBURY COMPANY, INC. (100.0%)
1200 East Cole Moundridge
Kansas 67107, US**

72 Inventor/es:

**COX, CLARENCE B. y
DOWNING, ROGER**

74 Agente/Representante:

RIZZO , Sergio

ES 2 726 704 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

Métodos y aparato para determinar una posición de profundidad de caída de máquinas de acondicionamiento de material

Campo de la invención

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un método para ajustar una profundidad de caída de una niveladora según el preámbulo de la reivindicación 1, a una niveladora según el preámbulo de la reivindicación 10. Este método y esta niveladora se conocen, por ejemplo, a partir del documento JP-A-363144821. La invención se refiere también a un medio tangible legible por ordenador.

Antecedentes

10 **[0002]** Las acondicionadoras de material se han utilizado durante mucho tiempo en el procesamiento de material en banda utilizado en relación con los sistemas de fabricación o producción en masa. En un sistema de fabricación, normalmente se retira un material en banda (p. ej., un metal) de una cantidad enrollada del material en banda. Sin embargo, el material en banda o metal laminado desenrollado puede presentar determinadas características no deseables como, por ejemplo, deformación debida al enrollado (*coil set*), deformación en la dirección transversal (15 *crossbow*), ondulación del borde y combaduras centrales, etc., debido a defectos de forma y tensiones residuales internas que resultan del proceso de fabricación del material en banda y/o el almacenamiento del material en banda en una configuración enrollada.

20 **[0003]** Para conseguir una condición de material deseada, un material en banda retirado de una bobina a menudo requiere un acondicionamiento (p. ej., aplanamiento y/o nivelación) antes de un procesamiento posterior en una perfiladora o una cortadora láser. Para una producción de piezas óptima, un material en banda debe presentar una planicidad uniforme a lo largo de su sección transversal y su longitud longitudinal y no presentar defectos de forma ni tensiones residuales internas. Las aplanadoras y/o niveladoras pueden aplanar considerablemente un material en banda para eliminar los defectos de forma y/o liberar las tensiones residuales internas a medida que el material en banda se desenrolla de la bobina.

25 **[0004]** Esta niveladora se conoce, por ejemplo, a partir del documento JP-A-363144821.

Sumario de la invención

[0005] La invención se define mediante las reivindicaciones independientes 1, 9 y 10. Las reivindicaciones dependientes definen modos de realización ventajosos.

Breve descripción de los dibujos

30 **[0006]** La invención se explicará con mayor detalle mediante ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 ilustra un material en banda de ejemplo en una condición enrollada.

La figura 2 ilustra un gráfico de tensión-deformación de ejemplo de un material.

35 La figura 3A ilustra zonas de compresión y tensión de ejemplo sobre una sección de un material en banda acoplado mediante un rodillo de trabajo.

La figura 3B ilustra el efecto de deformación plástica de un material en banda resultante de una fuerza de caída aplicada por un rodillo de trabajo contra el material en banda.

40 La figura 4 es una vista lateral de un sistema de producción de ejemplo que presenta una niveladora de ejemplo configurada para procesar un material en banda móvil según la información dada a conocer en el presente documento.

La figura 5 ilustra una configuración de ejemplo de los rodillos de trabajo de la niveladora de ejemplo de la figura 4.

La figura 6 es una ilustración en vista lateral de la niveladora de ejemplo de las figuras 4-5.

La figura 7 es una vista en planta de una parte de la niveladora de ejemplo de las figuras 4-6.

45 La figura 8 es una vista lateral del material en banda de ejemplo colocado entre dos rodillos de trabajo de la niveladora de ejemplo de las figuras 4-7.

La figura 9 es una vista frontal de la niveladora de ejemplo de las figuras 4-8.

- La figura 10 ilustra un controlador de ejemplo que puede utilizarse para hacer funcionar la niveladora de ejemplo de las figuras 4-9.
- La figura 11 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para implementar un determinante de profundidad de caída de ejemplo del controlador de ejemplo de la figura 10.
- 5 La figura 12 ilustra una visualización de ejemplo que ilustra las salidas de un material en banda procesado utilizando el determinante de profundidad de caída de ejemplo del controlador de ejemplo de la figura 10 y el método de ejemplo de la figura 11.
- La figura 13 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo que se puede utilizar para calibrar uno o más sensores de la niveladora de ejemplo de las figuras 4-10.
- 10 La figura 14 es un diagrama de bloques de un sistema de procesador de ejemplo que puede utilizarse para implementar los métodos y el aparato de ejemplo descritos en el presente documento.

[0007] Los dibujos de las figuras no están hechos a escala ni son proporcionales. En general, los componentes similares o idénticos se indican mediante los mismos números de referencia en las figuras.

Descripción detallada de los modos de realización de la invención

15 **[0008]** La figura 1 ilustra un material en banda 100 en una condición o estado enrollado 102. El material en banda enrollado manifiesta con frecuencia condiciones de material no deseables que son resultado del estiramiento longitudinal del material en banda 100 durante el enrollado y como resultado de la permanencia en el estado enrollado 102 durante un periodo de tiempo. En particular, el proceso de bobinado se realiza normalmente bajo una alta tensión, que puede provocar una condición denominada comúnmente *coil set* (deformación debida al enrollado). Si es considerable, el *coil set* también se puede manifestar como una condición denominada comúnmente *crossbow* (deformación en la dirección transversal). Estas dos condiciones no deseables se manifiestan en una condición o estado desenrollado 104 cuando el material en banda 100 se desbobina de una bobina o carrete 10. Debido al hecho de encontrarse en la condición enrollada 102, una superficie superior 106 del material en banda 100 es más larga (p. ej., curvada a lo largo de un eje longitudinal del material en banda 100) con respecto a una superficie interior 108 del material en banda 100. Como resultado, la superficie superior 106 del material en banda 100 tiende a ondularse hacia la superficie interior 108 del material en banda 100. Al tirar recto de la parte desenrollada 104, un efecto de *coil set* variable en el material en banda 100 entre un borde delantero 110 y un borde trasero 112 provoca que la superficie superior más larga 106 se ondule o se doble (p. ej., hacia dentro) con respecto a la superficie interior más corta 108.

30 **[0009]** Las condiciones de material no deseables tales como el *coil set* y el *crossbow* pueden eliminarse considerablemente utilizando técnicas de nivelación o aplanamiento. Las técnicas de nivelación y/o aplanamiento se implementan en función de las maneras en que los materiales en banda reaccionan a las tensiones impartidas en los mismos (p. ej., la cantidad de carga o fuerza aplicada a un material en banda). Por ejemplo, el grado en que cambia la estructura y las características del material en banda 100 depende, en parte, de la cantidad de carga, fuerza, o tensión aplicada en el material en banda 100.

40 **[0010]** Por ejemplo, la figura 2 ilustra un gráfico de tensión-deformación 200 de ejemplo de un material tal como, por ejemplo, aluminio u otro tipo de metal. Según la ley de Hooke, el material sigue siendo elástico y vuelve a su forma original hasta que pasa el módulo de elasticidad de Young en el momento en que el material excede un punto de cedencia 202, y el material entra en un estado de plasticidad. La cantidad de tensión que hace que un metal o un material cambie de una condición elástica a una condición plástica se conoce comúnmente como límite de elasticidad. Un gancho 204 mostrado en el gráfico de tensión-deformación 200 normalmente representa un indicio de que se ha alcanzado el punto de cedencia 202 de un material. En algunos casos, la aplicación al material de una tensión superior al punto de cedencia 202 del material en banda 100 (p. ej., una resistencia a la rotura 206) puede provocar una sobrecarga del material. Como resultado, el material en banda 100 puede endurecerse y/o formar dislocaciones en el material en banda 100. Por ejemplo, una tensión aplicada al material en banda 100 que representa un valor de tensión de rotura de un material puede provocar que el material en banda se endurezca. En otras palabras, la aplicación de una tensión sobre el material aproximadamente en el punto de cedencia 202 del material en banda provoca tensiones internas en el material en banda que liberar, pero la aplicación de una tensión al material en banda 100 considerablemente superior al punto de cedencia 202 del material en banda 100 añade tensiones internas al material en banda 100 y/o provoca que el material en banda 100 se endurezca. Un material en banda 100 endurecido puede provocar características de forma no deseadas para un equipo de procesamiento posterior tal como, por ejemplo, cortadoras láser, equipo de perfilado, equipo de cizallamiento, etc. De forma adicional o alternativa, la aplicación de una tensión al material en banda 100 superior al punto de cedencia 202 puede disminuir el rendimiento de una niveladora y/o causar daños a la niveladora. Una tensión aplicada al material en banda 100 superior a una tensión de rotura 208 provoca que el material en banda 100 se agriete, se rompa o se dañe.

[0011] Las niveladoras normalmente doblan un material en banda hacia delante y hacia atrás mediante una serie de rodillos de trabajo para reducir las tensiones internas (y reducir las características no deseadas) cambiando de forma permanente la memoria del material en banda 100. Más específicamente, los rodillos de trabajo se colocan o se encajan en una posición de profundidad de caída requerida para deformar plásticamente el material en banda. En particular, una profundidad de caída colocada para aplicar una tensión al material en banda aproximadamente en el punto de cedencia 202 del material en banda 100 da como resultado una reducción máxima de las tensiones internas.

[0012] La figura 3A ilustra zonas de compresión y tensión de ejemplo sobre una sección del material en banda 100 pasando por encima de un rodillo de trabajo 108 de una niveladora. La magnitud de las fuerzas utilizadas para acondicionar el material en banda 100 depende del tipo o la cantidad de reacción que presenta el material en banda 100 para envolverse o curvarse alrededor de una superficie del rodillo de trabajo 108. A efectos de análisis, el material en banda 100 se describe en el presente documento como si se hubiera formado utilizando capas planas. Como se muestra en la figura 3A, el rodillo de trabajo 108 se utiliza normalmente para aplicar una carga (es decir, una fuerza de caída F) al material en banda 100. La fuerza de caída F aplicada por el rodillo de trabajo 108 al material en banda 100 se crea aumentando una caída del rodillo de trabajo 108 hacia el material en banda 100. La fuerza de caída F provoca que una superficie inferior 302 del material en banda 100 esté en compresión y una superficie superior 304 del material en banda 100 esté en tensión. Un eje neutro 308 mostrado a lo largo del centro del material en banda 100 no está ni en compresión ni en tensión. La deformación del material en banda 100 de esta manera provoca que el material en banda 100 se curve o se estire.

[0013] La figura 3B ilustra una región elástica 306 y una región plástica 310 en el material en banda 100. Doblar el material en banda 100 utilizando una fuerza de caída F relativamente baja mantiene el material en una fase elástica representada por la región elástica 306 alrededor del eje neutro 308. En una fase elástica, las tensiones residuales de un material en banda 100 permanecen inalteradas. Para reducir sustancialmente o eliminar las tensiones residuales, el material en banda 100 debe estirarse más allá de la fase elástica a una fase plástica representada por la región plástica 310. Es decir, el material en banda 100 debe estirarse de forma que la región plástica 310 se extienda considerablemente por todo el grosor del material en banda 100. De lo contrario, cuando se retira la fuerza de caída F aplicada a una parte del material en banda 100 sin haber estirado partes (p. ej., entre el 70 % y el 80 %) del material en banda 100 a la fase plástica, las tensiones residuales permanecen en esas partes del material en banda 100, provocando que el material en banda 100 vuelva a la forma que tenía antes de aplicar la fuerza. En ese caso, el material en banda 100 se ha doblado, pero no se ha curvado.

[0014] La fuerza de caída F aplicada al material en banda 100 puede aumentarse para hacer pasar el material de la fase elástica a la fase plástica con el fin de reducir considerablemente o eliminar las tensiones residuales del material en banda 100 que producen características o deformaciones no deseadas. Específicamente, aumentos pequeños en la fuerza o carga aplicada al material en banda 100 hacen que se produzcan cantidades de estiramiento (es decir, deformación) relativamente grandes en la región plástica 310.

[0015] En los sistemas de nivelación conocidos, la cantidad de fuerza de caída F necesaria para exceder el límite de elasticidad de un material se determina en función de los diámetros de los rodillos de trabajo, la separación horizontal entre los rodillos de trabajo próximos, el módulo de elasticidad de Young, un límite de elasticidad del material y un grosor del material. Los fabricantes de niveladoras pueden proporcionar una gráfica de ajustes iniciales que ayudan a un operador a lograr una cantidad de caída adecuada en función de valores de entrada que incluyen el grosor y el límite de elasticidad de un material, ya que todos los demás parámetros tales como el diámetro del rodillo de trabajo y/o la separación horizontal del rodillo de trabajo son valores fijos. Sin embargo, a menudo resulta difícil determinar de forma precisa el límite de elasticidad y/o el punto de cedencia. Aunque el grosor del material se puede medir fácilmente, la elasticidad del material rara vez se muestra en la bobina, lo que provoca que la mayoría de los operadores supongan el valor del límite de elasticidad del material. En consecuencia, a menudo se emplea un valor de límite de elasticidad incorrecto, lo que causa una profundidad de caída inadecuada y/o menos efectiva. Asimismo, algunos materiales, como el acero, a menudo se clasifican por grado. Por ejemplo, el acero de grado A36 es un material más blando que presenta un rango de límite de elasticidad entre aproximadamente 207 y 310 megapascuales (MPa) (30 000 y 45 000 libras/in² (psi)). El acero de grado G50 presenta normalmente un rango de límite de elasticidad entre aproximadamente 345 MPa y 448 MPa (50 000 psi y 65 000 psi). El acero de grado G65 presenta normalmente un rango de límite de elasticidad entre aproximadamente 448 MPa y 552 MPa (65 000 psi y 80 000 psi). Por tanto, el límite de elasticidad de un material clasificado varía de manera considerable. Por ejemplo, un operador puede determinar que el límite de elasticidad para el acero clasificado G50 es de 345 MPa (50 000 psi), pero el límite de elasticidad real de ese rollo de material particular es de 448 MPa (65 000 psi). Como resultado, la profundidad de caída del aparato nivelador puede no ajustarse a una profundidad suficiente necesaria para deformar plásticamente el material en banda. Por lo tanto, aunque algunos operadores estimen el límite de elasticidad de un material clasificado que se encuentra dentro de un rango proporcionado para ese material clasificado dado, el límite de elasticidad estimado puede ser todavía insuficiente para deformar plásticamente el material en banda. En algunos casos, la precisión del límite de elasticidad estimado se desvía considerablemente del límite elástico real aproximadamente entre el 5 % y el 15 %. Esta desviación a menudo provoca una nivelación menos efectiva y/o proporciona un material en banda procesado que no cumple con un porcentaje especificado de elasticidad de la zona transversal en la región plástica. Por

ejemplo, algunas restricciones de elasticidad requieren que se procese un 80 % de la zona transversal del material en banda (p. ej., superficies exteriores que se extienden hacia el eje central) en la región plástica y que se procese un 20 % de la zona transversal (p. ej., que se extiende desde el eje central) en la región elástica. De forma alternativa, por ejemplo, un operador puede determinar que el límite de elasticidad para un acero clasificado G50 es de 448 MPa (65 000 psi), pero el límite de elasticidad real de ese rollo de material particular es de 345 MPa (50 000 psi). Como resultado, se puede ajustar la profundidad de caída para impartir una tensión que sea considerablemente superior al límite de elasticidad, lo que provoca un endurecimiento del material al impartir demasiada tensión al material en banda.

[0016] Los métodos y el aparato de ejemplo descritos en el presente documento detectan o estiman una profundidad de caída sin requerir que un operador introduzca un límite de elasticidad. En particular, el método y el aparato de ejemplo dados a conocer en el presente documento determinan una posición de profundidad de caída requerida para impartir una tensión dentro de un umbral (p. ej., con una desviación de menos de aproximadamente un 3 %) de un límite de elasticidad real de un material en banda determinado que ha de ser procesado por el aparato nivelador de ejemplo dado a conocer en el presente documento. Por ejemplo, los métodos y el aparato de ejemplo determinan una profundidad de caída que proporciona una tensión o fuerza al material en banda que se encuentra entre aproximadamente 0,1 % y 5 % del límite de elasticidad real del material en banda. Como resultado, ajustar una profundidad de caída representativa de una tensión correspondiente a un punto de cedencia aproximado del material en banda que ha de ser procesado por las niveladoras de ejemplo dadas a conocer en el presente documento proporciona un acondicionamiento óptimo del material debido a que el procesamiento del material en banda en el punto de cedencia o considerablemente cerca del punto de cedencia (p. ej., dentro de aproximadamente 0,1 % y 10 %) proporciona la mayor reducción efectiva de tensión interna. Por ejemplo, la mayor liberación de tensiones internas se produce cuando el material en banda se procesa en su punto de cedencia. Como resultado, se reducen considerablemente las tensiones en el material en banda para proporcionar propiedades de planicidad y/o propiedades de quemado con láser plano considerablemente mejoradas en el material en banda después de la nivelación.

[0017] Para detectar o determinar una profundidad de caída asociada y/o correspondiente al límite de elasticidad de un material en banda, los métodos y el aparato de ejemplo dados a conocer en el presente documento miden, monitorizan o detectan una presión asociada a un cilindro de un actuador de la niveladora. Por ejemplo, una presión de un fluido de control (p. ej., aceite hidráulico presurizado) utilizada para ajustar una profundidad de caída de un rodillo de trabajo en una zona particular se puede monitorizar o medir como una profundidad de caída a medida que se ajusta gradualmente una profundidad de caída (p. ej., un valor gradual preestablecido o predeterminado) durante una condición de configuración. Por ejemplo, se puede proporcionar el fluido de control presurizado a un pistón o cilindro de un actuador (p. ej., un actuador hidráulico) para ajustar una profundidad de caída de un rodillo de trabajo.

[0018] Para detectar, monitorizar o percibir una presión del fluido de control en el actuador (y, por consiguiente, una fuerza vertical impartida al material en banda mediante el rodillo de trabajo) cuando el rodillo de trabajo está encajado o colocado en una posición de caída, los métodos y el aparato de ejemplo dados a conocer en el presente documento detectan o perciben fuerzas impartidas al material en banda por los rodillos de trabajo en función de cambios de presión de un fluido de control en un cilindro de un actuador cuando se ajusta la profundidad de caída (p. ej., se aumenta o se disminuye gradualmente) durante, por ejemplo, una operación de configuración. De esta manera, la fuerza detectada o percibida proporciona un indicio de si una fuerza aplicada al material en banda en función de una posición de profundidad de caída actual de los rodillos de trabajo es suficiente para deformar el material en banda en aproximadamente su límite de elasticidad. Específicamente, durante una operación de configuración, se ajusta una profundidad de caída de forma gradual entre un valor inicial y un valor final. En cada posición de profundidad de caída gradual, se mide una lectura de presión del fluido de control de un cilindro de un actuador. Por ejemplo, se miden lecturas de presión únicamente de un cilindro central (p. ej., alineado con un eje longitudinal del material en banda) de un actuador en cada una de las profundidades de caída graduales. Una vez se han medido todas las lecturas de presión en cada una de las profundidades de caída graduales entre las posiciones de profundidad de caída inicial y final, se comparan las lecturas de presión. Se detecta la lectura de presión más pequeña o más baja. La lectura de presión más pequeña o más baja corresponde aproximadamente al punto de cedencia del material en banda. Se identifica la profundidad de caída correspondiente a la lectura de presión más pequeña detectada. Durante el funcionamiento, se procesa el material en banda a la profundidad de caída identificada. El material se procesa en función de la profundidad de caída correspondiente a la presión más pequeña o más baja detectada, lo que proporciona una tensión al material en banda que es aproximadamente el punto de cedencia del material en banda.

[0019] En algunos ejemplos, se miden las lecturas de presión de un fluido de control en dos o más cilindros de actuadores representativos de diferentes zonas a través del ancho del material en banda. Se determina una media de las lecturas de presión más pequeñas y se proporciona la profundidad de caída a una profundidad de caída asociada al valor de presión medio. En algunos ejemplos, se determina la lectura de presión más pequeña para cada una de las zonas y se ajusta una profundidad de caída de cada zona a una posición correspondiente a la lectura de presión más pequeña en esa zona particular. Por tanto, en algunos de estos ejemplos, el ajuste de

profundidad de caída de cada zona es independiente de los otros ajustes de profundidad de caída de las otras zonas.

[0020] La figura 4 ilustra un sistema de producción de ejemplo 40 configurado para procesar un material en banda móvil 400 utilizando una niveladora de ejemplo 402 dada a conocer en el presente documento. En algunas implementaciones de ejemplo, el sistema de producción de ejemplo 40 puede formar parte de un sistema de fabricación de material en banda continuamente en movimiento, que puede incluir una pluralidad de subsistemas que modifican, acondicionan o alteran el material en banda 400 utilizando procesos que, por ejemplo, nivelan, aplanan, perforan, cortan y/o pliegan el material en banda 400. En implementaciones de ejemplo alternativas, la niveladora 402 puede implementarse como un sistema independiente.

[0021] En el ejemplo ilustrado, la niveladora de ejemplo 402 puede colocarse entre una desbobinadora 404 y una unidad operativa posterior 406. El material en banda 400 puede ser una sustancia metálica como, por ejemplo, acero o aluminio, o puede ser cualquier otro material adecuado. En un estado enrollado, el material en banda 400 puede someterse a una distribución variable y asimétrica de tensiones residuales a lo largo de su ancho y largo que producen defectos de forma en el material en banda 400. A medida que el material en banda 400 se desenrolla o se retira del carrete enrollado 408, puede adoptar una o más condiciones propias del desenrollamiento o defectos de forma como, por ejemplo, *coil set* y *crossbow*.

[0022] Para acondicionar el material en banda 400 y eliminar las tensiones internas que pueden provocar las condiciones propias del desenrollamiento tales como *coil set*, el material en banda 400 se desplaza desde la desbobinadora 404, a través de la niveladora 402, y hasta la unidad operativa posterior 406 en una dirección generalmente indicada por una flecha 410. La unidad operativa posterior 406 puede ser un sistema de suministro de material continuo que transporta el material en banda 400 desde la niveladora 402 hasta un proceso operativo posterior tal como, por ejemplo, una prensa punzonadora, una prensa de cizalla, una perfiladora de rodillos, una cortadora láser, etc. Por ejemplo, durante la operación de nivelación, pueden llevarse a cabo operaciones posteriores a medida que el material en banda 400 se desplaza de forma continua por la niveladora 402 (p. ej., una operación de corte realizada mediante una cortadora láser). En otras implementaciones de ejemplo, pueden suministrarse hojas previamente cortadas de, por ejemplo, el material en banda 400 de hoja en hoja a través de la niveladora 402.

[0023] La niveladora 402 del ejemplo ilustrado emplea una pluralidad de rodillos de trabajo 412 para remodelar o trabajar el material en banda 400 con el fin de reducir el *coil set* y/o las tensiones internas en el material en banda 400 y para impartir una forma plana en el material en banda 400 a medida que este 400 sale de la niveladora 402. En particular, se imparte una fuerza al material en banda mediante los rodillos de trabajo 412 para acondicionar el material en banda 400.

[0024] La figura 5 ilustra una configuración de ejemplo de los rodillos de trabajo 412 de la niveladora de ejemplo 402 de la figura 4. Como se muestra en el ejemplo ilustrado de la figura 5, la pluralidad de rodillos de trabajo 412 de la niveladora 402 están dispuestos como una pluralidad de rodillos de trabajo superiores 502 y rodillos de trabajo inferiores 504. Para remodelar o trabajar el material en banda 400, los rodillos de trabajo superiores 502 y rodillos de trabajo inferiores 504 están colocados en una relación inclinada (p. ej., una relación encajada o alterna) unos con respecto a los otros en lados opuestos del material en banda 400 que se procesa para crear una trayectoria de material que envuelve por encima y por debajo superficies opuestas de los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 alternos. Acoplar las superficies opuestas del material en banda 400 utilizando los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 de esta forma alterna facilita la liberación de las tensiones residuales en el material en banda 400 para acondicionar (p. ej., aplanar, nivelar, etc.) el material en banda 400.

[0025] En el ejemplo ilustrado, los rodillos de trabajo 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 se dividen en una pluralidad de rodillos de trabajo de entrada 506 y una pluralidad de rodillos de trabajo de salida 508. Los rodillos de trabajo de entrada 506 pueden accionarse independientemente de los rodillos de trabajo de salida 508, y los rodillos de trabajo de entrada 506 pueden controlarse independientemente de los rodillos de trabajo de salida 508. Los rodillos de trabajo de entrada 506 remodelan el material en banda 400 reduciendo las tensiones internas del material en banda 400. Los rodillos de trabajo de salida 508 ajustan cualquier tensión interna restante del material en banda 400 para impartir una forma plana en el material en banda 400 a medida que el material en banda 400 sale de la niveladora 402. La niveladora 402 del ejemplo ilustrado puede emplear también una pluralidad de rodillos de trabajo inactivos 510 colocados entre los rodillos de trabajo de entrada 506 y los rodillos de trabajo de salida 508 y en línea con los mismos. Por ejemplo, los rodillos de trabajo de entrada 506 y los rodillos de trabajo de salida 508 pueden accionarse mediante, por ejemplo, un motor y los rodillos de trabajo inactivos 510 pueden no accionarse (pero pueden accionarse en algunas implementaciones).

[0026] Las magnitudes de las fuerzas utilizadas para acondicionar el material en banda 400 dependen del tipo o la cantidad de reacción que presenta el material en banda 400 para envolverse o curvarse alrededor de una superficie del rodillo de trabajo 412. Como se muestra en la figura 5, el rodillo de trabajo 412 se utiliza para aplicar una carga (es decir, una fuerza de caída F) al material en banda 400. La fuerza de caída F aplicada por el rodillo

de trabajo 412 al material en banda 400 se crea aumentando una caída del rodillo de trabajo 412 hacia el material en banda 400. De forma más específica, para variar la fuerza de caída, puede variarse una caída del rodillo de trabajo cambiando una distancia entre centros (d1) o posición de profundidad de caída 512 entre los ejes centrales 514 y 516 de los respectivos rodillos de trabajo superiores 502 e inferiores 504. En general, para cualquier caída o profundidad de caída dada de los rodillos de trabajo, una distancia entre centros disminuida incrementa la tensión de tracción impartida al material en banda 400 y, por tanto, la probabilidad de deformación plástica, lo que acondiciona el material en banda 400. En el ejemplo ilustrado, se ajusta la caída de los rodillos de trabajo de entrada 506 para deformar el material en banda 400 en su límite de elasticidad o más allá del mismo, y, por consiguiente, la caída de los rodillos de trabajo de entrada 506 es relativamente mayor que una caída 518 (d2) de los rodillos de trabajo de salida 508. En algunas implementaciones de ejemplo, puede ajustarse la caída 518 de los rodillos de trabajo de salida 508 de manera que no deformen el material en banda 400 mediante cualquier cantidad considerable, sino que, en su lugar, ajusten la forma del material en banda 400 a una forma plana (p. ej., se ajusta la caída 518 de los rodillos de trabajo de salida 508 de forma que un hueco de separación entre superficies opuestas de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 502 y 504 sea sustancialmente igual a un grosor T1 del material en banda 400). La aplicación de una caída relativamente mayor (es decir, una distancia menor entre los ejes centrales de los rodillos de trabajo 502a y 502b) en los rodillos de trabajo de entrada 502 requiere una fuerza de caída relativamente más fuerte para reducir una cantidad sustancial de tensiones internas (p. ej., 70 %, 80 %, etc.) que están atrapadas en el material en banda 100 estirando y/o alargando el material en banda 100. Como se describe a continuación, un controlador 520 determina una profundidad de caída (p. ej., la posición de profundidad de caída 512) de los rodillos de trabajo de entrada 506 que imparte una tensión al material en banda 400 que es aproximadamente el límite de elasticidad real del material en banda 400. En particular, el controlador 520 determina la posición de profundidad de caída 512 sin requerir que un operador estime o suponga el límite de elasticidad del material en banda 400 durante una operación de configuración.

[0027] La figura 6 ilustra una vista lateral de la niveladora de ejemplo 402 de la figura 4. Con referencia a la figura 6, la niveladora 402 presenta una estructura superior 602 y una estructura inferior 604. La estructura superior 602 incluye un soporte superior 606 montado sobre el mismo y la estructura inferior 604 incluye un soporte ajustable 608 montado sobre el mismo. En el ejemplo ilustrado de la figura 6, el soporte superior 606 no es ajustable y se fija a la estructura 602 y el soporte ajustable 608 se ajusta con respecto al soporte superior 606. Sin embargo, en otras implementaciones de ejemplo, el soporte superior 606 también puede ser ajustable.

[0028] El soporte superior 606 incluye una fila de cojinetes de soporte 610 sustentados por un escalón no ajustable 612 y la pluralidad de rodillos de trabajo superiores 502 que son sustentados por los cojinetes de soporte superiores 610. Por tanto, los cojinetes de soporte superiores 610 fijan los rodillos de trabajo superiores 502 en su lugar. El soporte ajustable 608 incluye una fila de cojinetes de soporte inferiores 616 soportados por un escalón ajustable 618. Los cojinetes de soporte inferiores 616 soportan la pluralidad de rodillos de trabajo inferiores 504. En algunos ejemplos, pueden colocarse rodillos intermedios (no se muestran) entre los cojinetes de soporte 610 y los rodillos de trabajo superiores 502 y/o entre los cojinetes de soporte inferiores 616 y los rodillos de trabajo inferiores 504 para reducir considerablemente o eliminar el deslizamiento de los rodillos de trabajo que de otro modo podría dañar el material en banda 400 o marcar superficies relativamente blandas o pulidas del material en banda 400. En general, los muñones (no mostrados) acoplan de forma rotativa los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 a la estructura 602 para permitir la rotación de los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504. Los rodillos de trabajo 412 presentan un diámetro pequeño y son soportados por los respectivos cojinetes de soporte 610 y 616 para evitar desviaciones no deseadas a lo largo de la longitud de los rodillos de trabajo 412.

[0029] En el ejemplo ilustrado, la niveladora 402 utiliza el soporte ajustable 608 (es decir, los escalones ajustables) para ajustar la caída o una posición de los rodillos de trabajo inferiores 504 con respecto a los rodillos de trabajo superiores fijos 502. De forma más específica, los actuadores o cilindros hidráulicos 620 y 622 desplazan los cojinetes de soporte inferiores 616 mediante el escalón ajustable 618 para aumentar o disminuir una profundidad de caída entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 (p. ej., para aumentar o disminuir la posición de profundidad de caída 512 y/o la posición de profundidad de caída 516 entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 de los rodillos de trabajo de entrada 506 o los rodillos de trabajo de salida 508). En particular, la niveladora 402 puede cambiar la longitud del material en banda 400 al ajustar la posición de los rodillos de trabajo inferiores 504 en relación con los rodillos de trabajo superiores 502 mediante los actuadores 620 y 622 con el fin de crear un trayecto más largo. La creación de un trayecto más largo al aumentar una caída de los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 provoca que el material en banda 400 se estire y se alargue más que un trayecto más corto creado al disminuir una caída de los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504. El ajuste de los rodillos de trabajo inferiores 504 con respecto a los rodillos de trabajo superiores fijos 502 puede permitir una variación considerablemente continua o gradual de la caída de los rodillos de trabajo 412, permitiendo de esta manera una variación considerablemente continua o gradual de la tensión impartida al material en banda 400.

[0030] En el ejemplo ilustrado de la figura 6, el actuador 620 mueve un primer extremo 626 del escalón ajustable 618 con respecto a un segundo extremo 628 del escalón ajustable 618 con el fin de ajustar una posición de los rodillos de trabajo inferiores 504 con respecto a los rodillos de trabajo superiores 502 en una entrada 630 de la

niveladora 402 (p. ej., la posición de profundidad de caída 512 de los rodillos de trabajo de entrada 506 de la figura 5). El actuador 622 mueve el segundo extremo 628 del escalón ajustable 618 con respecto al primer extremo 626 con el fin de ajustar la posición de los rodillos de trabajo inferiores 504 con respecto a los rodillos de trabajo superiores 502 en una salida 632 de la niveladora 402 (p. ej., la posición de profundidad de caída 516 de los rodillos de trabajo de salida 508 de la figura 5). De esta forma, los cojinetes de soporte inferiores 616 soportados contiguos al primer extremo 626 del escalón ajustable 618 pueden colocarse a una primera distancia o altura con respecto a los rodillos de trabajo superiores fijos 502 contiguos a la entrada 630, y los cojinetes de soporte inferiores 616 soportados contiguos al segundo extremo 628 del escalón ajustable 618 pueden colocarse a una segunda distancia o altura (p. ej., diferente de la primera altura) con respecto a los rodillos de trabajo superiores fijos 502 contiguos a la salida 632. En otras implementaciones de ejemplo, la posición o caída de los rodillos de trabajo 412 puede ajustarse moviendo el soporte superior 606 con respecto al soporte ajustable 608 utilizando, por ejemplo, configuraciones de motor y de rosca (p. ej., husillo de bolas, gato de tornillo, etc.).

[0031] La figura 7 ilustra una vista en planta del soporte ajustable 608 de la niveladora 402 de la figura 6. Con referencia a la figura 7, el soporte ajustable 608 de la niveladora 402 incluye una pluralidad de cojinetes de soporte 616 y 702a-f soportados por una respectiva pluralidad de escalones ajustables 618 y 704a-f que se extienden a través de un ancho 706 (p. ej., un ancho transversal) del material en banda 400. De forma más específica, los cojinetes de soporte móviles o ajustables 616 y 702a-f están dispuestos sobre escalones ajustables o móviles de forma independiente 618 y 704a-f. Por ejemplo, los escalones ajustables 618 y 704a-f se deslizan con respecto a la estructura 602 para desplazar los respectivos cojinetes de soporte 616 y 702a-f con respecto a los respectivos cojinetes de soporte superiores (p. ej., cojinetes de soporte 610 de la figura 6). Por ejemplo, cada uno de los respectivos primeros extremos 626, 708a-f de los escalones ajustables 618 y 704a-f se deslizan o se mueven de forma independiente con respecto a la entrada 630 de la estructura 602, y los segundos extremos 628 y 710a-f de los escalones ajustables 618 y 704a-f se deslizan o se mueven de forma independiente con respecto a la salida 632 de la estructura 602 y/o los respectivos primeros extremos 626 y 708a-f. De esta manera, una profundidad de caída se puede variar a través del ancho 706 (p. ej., un ancho transversal) del material en banda 400 como se muestra en la figura 8 para proporcionar una tensión o fuerza o provocar que los rodillos de trabajo 412 impartan una tensión o fuerza a través del ancho W del material en banda 400.

[0032] Como se muestra en la figura 7, una pluralidad de actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f están asociados a los respectivos escalones ajustables 618 y 704a-f. Por ejemplo, la entrada 630 de la niveladora 402 incluye los actuadores 620 y 712a-f, y la salida 632 de la niveladora 402 incluye los actuadores 622 y 714a-f. Cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f se desplaza de forma independiente de los otros actuadores. En particular, se pueden controlar los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f (p. ej., actuadores hidráulicos) para ajustar las posiciones de los respectivos escalones ajustables 618 y 704a-f independientemente de los otros escalones ajustables 618 y 704a-f. De forma más específica, los respectivos actuadores 620 y 712a-f se ajustan a los respectivos primeros laterales 626 y 708a-f de los escalones ajustables 618 y 704a-f, y los respectivos actuadores 622 y 714a-f se ajustan a los respectivos segundos laterales 628 y 710a-f de los escalones ajustables 618 y 704a-f. De esta manera, los rodillos de trabajo 412 en la entrada 630 de la niveladora 402 (p. ej., los rodillos de trabajo de entrada 506 de la figura 5) se pueden colocar a una profundidad de caída (p. ej., la posición de profundidad de caída 512 (d1) de la figura 5) que es superior a una profundidad de caída (p. ej., la posición de profundidad de caída 516 (d2) de la figura 5) de los rodillos de trabajo 412 en la salida 632 de la niveladora 402 (p. ej., los rodillos de trabajo de salida 508 de la figura 5). De forma adicional o alternativa, una profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 soportados por uno de los escalones ajustables 618 y 704a-f en la entrada 630 (y/o la salida 632) de la niveladora 402 puede variar a través del ancho 706 del material en banda 400 con respecto a otro rodillo de trabajo contiguo 412 soportado por otro de los escalones ajustables 618 y 704a-f en la entrada 630 (y/o la salida 632).

[0033] La figura 8 es una vista esquemática que muestra un ajuste de ejemplo de los rodillos de trabajo inferiores 504 con respecto a los rodillos de trabajo superiores 502 en la entrada 630 de la niveladora 402. En aras de claridad, solo se muestran dos rodillos de trabajo 412 de cada uno de los escalones 618 y

[0034] 704a-f. En el ejemplo ilustrado, los rodillos de trabajo 502 y 504 presentan longitudes que atraviesan el ancho W del material en banda 400.

[0035] A medida que el material en banda 400 atraviesa los rodillos de trabajo, el material en banda 400 imparte una fuerza a los rodillos de trabajo 412. En el ejemplo ilustrado, el material en banda 400 puede impartir fuerzas respectivas F1-F7 a los rodillos de trabajo 412 que pueden ser percibidas o detectadas por un fluido de control en los respectivos actuadores 620 y 712a-f asociados a las respectivas zonas 802-814. En algunos ejemplos, el rodillo de trabajo 412, 504 define una pluralidad de zonas 802-814 a través del ancho W del material en banda 400. En particular, la fuerza impartida al rodillo de trabajo 412 puede ser causada por un efecto de *coil set* variable en el material en banda 400 entre un borde delantero (p. ej., el borde delantero 110) y un borde trasero (p. ej., el borde trasero 112) del material en banda 400. Por lo tanto, las respectivas fuerzas F1-F7 pueden variar dependiendo de, por ejemplo, la dureza del material en banda 400 a través de su ancho 706 y/o su largo. Por consiguiente, las fuerzas F1-F7 pueden ser considerablemente similares y/o pueden variar a medida que el material en banda 400 se desplaza a través de la niveladora 402.

[0036] Los escalones ajustables 618 y 704a-f se pueden colocar de forma independiente unos con respecto a los otros. Como se muestra en la figura 8, los escalones ajustables 618 y 704a-f del ejemplo ilustrado permiten ajustar de forma independiente los cojinetes de soporte inferiores 616 y/o 702a-f (p. ej., a alturas o profundidades de caída diferentes o iguales) a través del ancho 706 del material en banda 400. Como se muestra, cada uno de los

5 escalones ajustables 618 y 704a-f puede representar una de las zonas 802-814 a través del ancho 706 del material en banda 400. En algunos ejemplos, cada una de las zonas 802-814 se puede colocar a una profundidad de caída independientemente de una profundidad de caída de otra de las zonas contiguas 802-814. Por ejemplo, las regiones o zonas 802-814 pueden corresponder a, por ejemplo, bordes periféricos o exteriores (p. ej., zonas 802 y 814), bordes medios (p. ej., zonas 804, 806, 810 y 812) y una parte central (p. ej., zona 808) del material en

10 banda 400. Los escalones ajustables 618 y 712a-f del ejemplo ilustrado pueden configurarse para corresponder a las zonas respectivas de las zonas 802-814. Por ejemplo, el primer cojinete de soporte 616 está configurado para acoplar el rodillo de trabajo 504 en la primera zona 802 (p. ej., mediante el primer escalón ajustable 618), y el segundo cojinete de soporte 702a está configurado para acoplar el rodillo de trabajo 504 en la segunda zona 804 (p. ej., mediante el segundo escalón ajustable 712a).

[0037] La figura 9 es una vista frontal que ilustra la entrada 630 de la niveladora de ejemplo 402 de las figuras 1-8. Como se muestra en la figura 9, cada uno de los actuadores 620 y 712a-f incluye una bomba 902a-g (p. ej., bombas hidráulicas tales como bombas de engranajes, bombas rotativas de paletas, etc.) para dirigir (p. ej., desplazar) los respectivos actuadores de los actuadores 620 y 712a-f. Para desplazar cada uno de los actuadores 620 y 712a-f, cada bomba 902 a-g proporciona un fluido de control (p. ej., un fluido presurizado tal como un aceite o fluido hidráulico) desde un respectivo reservorio 904 a-g hasta los respectivos actuadores 620 y 712a-f. Cada

20 bomba 902 a-g incluye un respectivo primer conducto de fluido 906 (p. ej., una manguera hidráulica, tubería, u otro conducto) para acoplar de forma fluida el fluido de control a las respectivas primeras cámaras 908a-g de los actuadores 620 y 712a-f y un respectivo segundo conducto de fluido 910 a-g (p. ej., una manguera) para acoplar de forma fluida el fluido de control a las respectivas segundas cámaras 912a-g de los actuadores 620 y 712a-f. La niveladora 402 del ejemplo ilustrado emplea válvulas de posicionamiento 914 a-g (p. ej., válvulas de cierre) que se mueven entre una posición abierta para permitir que el fluido de control fluya entre los respectivos reservorios 904a-g y los respectivos actuadores 620 y 712a-f y una posición cerrada para evitar el flujo de fluido entre los respectivos reservorios 904a-g y los respectivos actuadores 620 y 712a-f. Por ejemplo, para desplazar el primer extremo 626 del escalón ajustable 618 hacia los cojinetes de soporte superiores 610 (p. ej., aumentar una fuerza de caída), se suministra un fluido de control a la primera cámara 908a del actuador 620 mediante el primer conducto de fluido 906a. Para alejar el primer extremo 626 del escalón ajustable 618 de los cojinetes de soporte superiores 610 (p. ej., para reducir una fuerza de caída), se proporciona el fluido de control a la segunda cámara 912a del actuador 620 mediante el segundo conducto de fluido 910a.

30

[0038] La posición o localización (p. ej., la caída) de cada uno de los respectivos cojinetes de soporte 616 y 702a-f con respecto a los rodillos de trabajo superiores 502 se puede percibir o detectar mediante un respectivo sensor de posición 916a-g (p. ej., un transductor). Los sensores de posición 916a-g pueden incluir transformadores de desplazamiento de voltaje lineal (LVDT) o cualquier otro dispositivo o combinación de dispositivos de detección de posición adecuados. En el ejemplo ilustrado, cada uno de los actuadores 620 y 712a-f emplea un sensor de posición respectivo de los sensores de posición 916a-g para detectar una posición de un respectivo brazo o soporte 918a-g unido de forma móvil a los actuadores 620 y 712f. Por ejemplo, cada soporte 918a-g se mueve con un pistón (no mostrado) de un respectivo actuador de los actuadores 620 y 712a-f a medida que los actuadores 620 y 712a-f se desplazan entre una primera posición (p. ej., una posición de golpe cero) y una segunda posición (p. ej., una posición de golpe 100 %). Al detectar la posición de los actuadores 620 y 712a-f, los sensores de posición 916a-g pueden proporcionar un indicio o correlación de una profundidad de caída entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 (o los rodillos de trabajo 412) para una zona correspondiente (p. ej., zonas 802-814) asociadas a los actuadores respectivos de los actuadores 620 y 702a-f. En otros ejemplos, se pueden emplear transductores de posición, extensímetros y/o cualquier otro sensor de posición adecuado para detectar la posición de profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412.

40

45

[0039] Asimismo, una pluralidad de respectivos sensores de presión 920a-g se acoplan a los actuadores respectivos de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f para detectar o percibir cambios de presión en los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f provocados por las fuerzas impartidas a los rodillos de trabajo 412 por el material en banda 400 a medida que los rodillos de trabajo 412 procesan el material en banda 400. Por ejemplo, un cambio de presión en los actuadores 620, 622, 712a-f o 714a-f puede ser causado por una desviación en una posición de profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 debido a las fuerzas que imparte el material en

50 banda 400 a los rodillos de trabajo 412. Para percibir una presión en los actuadores 620 y 712a-f (y/o los actuadores 622, 714a-f), los sensores de presión 920a-g pueden estar acoplados de forma fluida entre las respectivas bombas 902a-g y los actuadores 620 y 702a-f. Como se muestra, los sensores de presión 920a-g se acoplan de forma fluida a los primeros conductos de fluido 904a-g de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f. Por ejemplo, cuando se proporciona una profundidad de caída particular a los rodillos de trabajo 412, los sensores de presión 920a-g detectan la presión (p. ej., la presión del fluido de control) en los respectivos actuadores 620 y 714a-f. Además, cuando se coloca una profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412, la válvula de posicionamiento 914a-g asociada a un actuador particular 620 y 712a-f en el que se ajusta la profundidad de caída se desplaza a una

55

60

posición cerrada. Como resultado, cualquier desviación (p. ej., una desviación o movimiento leve) en la posición del rodillo de trabajo 412 afectará (p. ej., aumentará) la presión del fluido de control en el actuador respectivo 620 y 712a-f. Además, dado que se conoce una zona de un pistón en cada uno de los actuadores 620 y 712a-f, y se conoce la capacidad volumétrica de un cilindro de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f, se puede determinar una fuerza impartida por el material en banda 400 a los rodillos de trabajo 412 percibiendo la presión del fluido de control en los respectivos actuadores 620 y 712a-f. En otros ejemplos, se pueden utilizar células de carga en lugar de los sensores de presión 920a-g. Por ejemplo, se puede colocar una célula de carga debajo de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f para detectar una fuerza (p. ej., una fuerza vertical o reactiva) impartida a los rodillos de trabajo 412 asociada a los respectivos actuadores 620 y 712a-f. En otros ejemplos, se pueden emplear otros sensores de presión, transductores, etc. que proporcionen una señal eléctrica relacionada con una magnitud de una presión o fuerza aplicada en los actuadores 620 y 712a-f.

[0040] En algunos ejemplos, solo se puede emplear una bomba 902a, un reservorio de fluido 904a, una válvula 914a, y/o un sensor de presión 920a para proporcionar fluido a los primeros cambios 908a-g y las segundas cámaras 912a-g de los actuadores 620, 712a-f y/o 622, 714a-f. Por ejemplo, en algunos de estos ejemplos, la pluralidad de conductos 906a-g y 910a-g pueden comunicar de forma fluida la bomba 902a y las respectivas primeras cámaras 908a-g y segundas cámaras 912a-g. En algunos de estos ejemplos, solo se puede proporcionar un actuador 620 para ajustar los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504. En algunos ejemplos, cada uno de los respectivos primeros cambios 908a-g pueden acoplarse a una bomba respectiva o especializada (p. ej., bombas 902a-g), y cada uno de los respectivos segundos cambios 912a-g pueden acoplarse a una bomba especializada.

[0041] La figura 10 es un diagrama de bloques del controlador de ejemplo 520 de la figura 5 para determinar automáticamente una profundidad de caída requerida para impartir una tensión al material en banda 400 asociada o aproximada a un límite de elasticidad o punto de cedencia (p. ej., un punto de cedencia real) del material en banda 400. En particular, el controlador de ejemplo 520 puede utilizarse junto con la niveladora de ejemplo 402 de las figuras 1-9 o partes de la misma y/o puede utilizarse para implementar la misma con el fin de ajustar una profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 en función de una presión percibida en cualquiera de los actuadores 620 y 712a-f y/o los actuadores 622 y 714a-f (p. ej., los rodillos de trabajo de entrada 506 asociados a una zona correspondiente 802-814, los rodillos de trabajo de salida 508). En algunos ejemplos, el controlador de ejemplo 520 también se puede utilizar para implementar un proceso de retroalimentación con el fin de ajustar una profundidad de caída (p. ej., la posición de profundidad de caída 512 y/o 518 de la figura 5) de los rodillos de trabajo de entrada y/o de salida 506 y 508 (figura 5) para acondicionar el material en banda 400 en función de las presiones percibidas por los respectivos sensores de presión 920a-g, por ejemplo, en cada una de las zonas 802-814. Como se muestra en la figura 10, el controlador de ejemplo 520 incluye una interfaz de usuario de entrada 1002, un determinante de posición de caída 1004, un dispositivo de ajuste de posición de caída 1006, un detector de posición de caída 1008, una interfaz de sensor de presión 1010, un comparador 1012, una interfaz de almacenamiento 1014, un calibrador 1016 y un controlador de válvula de posicionamiento 1018, de los cuales todos pueden acoplarse de forma comunicativa como se muestra o de cualquier otra forma adecuada.

[0042] La interfaz de usuario de entrada 1002 puede configurarse para determinar las características del material en banda. Por ejemplo, la interfaz de usuario de entrada 1002 puede implementarse utilizando una interfaz de usuario mecánica y/o gráfica mediante la que un operador pueda introducir las características del material en banda. Las características del material pueden incluir, por ejemplo, un grosor del material en banda 400 (p. ej., grosor T1 de la figura 5), un ancho del material en banda 400, el tipo de material (p. ej., aluminio, acero, etc.), el módulo de elasticidad de Young, etc. En algunos ejemplos, la interfaz de almacenamiento 1014 puede recuperar información (p. ej., módulo de elasticidad de Young) de una estructura de datos o tabla de referencia para diferente(s) tipo(s) de material en función de información del material recibida por la interfaz de entrada 1002. La interfaz de usuario de entrada 1002 puede configurarse para comunicar las características del material en banda al determinante de posición de caída 1004.

[0043] El determinante de posición de caída 1004 del ejemplo ilustrado determina una profundidad de caída en función de las características del material recibidas por la interfaz de entrada 1002. En particular, el determinante de posición de caída de ejemplo 1004 determina o calcula una profundidad de caída que proporciona una tensión o fuerza de caída al material en banda 400 que se encuentra dentro de un umbral (p. ej., tres por ciento) de un punto de cedencia real del material en banda 400. En particular, el determinante de posición de caída 1004 determina o identifica una posición de profundidad de caída durante una operación de configuración antes del procesamiento del material en banda 400.

[0044] Para determinar una profundidad de caída asociada a un límite de elasticidad real del material en banda 400, el determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste gradualmente una profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 (p. ej., los rodillos de trabajo de entrada 506) entre una posición inicial y una posición final. El incremento gradual de la profundidad de caída da como resultado una distancia (p. ej., la distancia d1 de la figura 5) entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 que disminuye. El determinante de posición de caída 1004 puede aumentar la profundidad de caída mediante un valor gradual preestablecido o predeterminado (p. ej., un valor de aproximadamente 0,05 mm

(0,002 pulgadas)). Utilizar un valor gradual más pequeño (p. ej., 0,025 o 0,012 mm (0,001 o 0,0005 pulgadas)) aumenta la precisión de la identificación de una profundidad de caída que imparte una tensión al material en banda 400 en el punto o límite de elasticidad real del material en banda 400.

5 **[0045]** En algunos ejemplos, para determinar el valor inicial, el determinante de posición de caída 1004 puede recuperar un valor de profundidad de caída inicial y/o un valor de profundidad de caída final de la interfaz de usuario 1002 (p. ej., proporcionado por un operador). Por tanto, el valor de profundidad de caída inicial y/o final lo puede proporcionar un operador durante, por ejemplo, una operación de configuración.

10 **[0046]** En algunos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 puede determinar la posición de caída inicial y/o la posición de profundidad de caída final a partir de una tabla de referencia almacenada en la interfaz de almacenamiento 1014. Por ejemplo, el determinante de posición de caída 1004 puede determinar la posición de caída inicial y/o la posición de profundidad de caída final a partir de una tabla de referencia en función de las características del material recibidas mediante la interfaz de usuario de entrada 1002 (p. ej., el módulo de elasticidad de Young, el tipo de material, el grado del material, etc.). Por consiguiente, se puede determinar la profundidad de caída inicial y/o la profundidad de caída final a partir de una tabla de referencia en función de, por ejemplo, estimaciones y/o datos empíricos basados en el tipo (o los tipos) de material al que se le aplica la caída. Por ejemplo, en algunos de estos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 determina el valor de caída inicial y/o el valor de caída final en función de un rango de límites de elasticidad proporcionados por un grado particular del material en banda (p. ej., un grado A particular de acero). El determinante de posición de caída 1004 ajusta la posición de caída inicial en función del límite de elasticidad más bajo del rango y ajusta la posición de caída final en función del límite de elasticidad más alto del rango. Por ejemplo, el acero de grado A36 presenta un rango de límite de elasticidad entre aproximadamente 207 y 310 MPa (30 000 y 45 000 libras/in² (psi)). Por lo tanto, el determinante de posición de caída 1004 puede determinar la posición de caída inicial en función del límite de elasticidad de 30 000 psi (p. ej., o un valor o búfer inferior a 207 MPa (30 000 psi) (p. ej., 172 MPa (25 000 psi)) y puede determinar la posición de caída final en función del límite de elasticidad de 310 MPa (45 000 psi) (p. ej., o un valor o búfer superior a 310 MPa (45 000 psi) (p. ej., 345 MPa (50 000 psi)).

30 **[0047]** En algunos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 determina la posición de caída final en función de la salida de las lecturas de presión proporcionadas por la interfaz de sensor de presión 1010. Por ejemplo, el determinante de posición de caída 1004 puede determinar un aumento en las lecturas de presión consecutivas y, a continuación, detectar un descenso de las lecturas de presión. Después de la detección del descenso, se puede determinar un valor de posición de caída final cuando las lecturas de presión proporcionadas por la interfaz de sensor de presión 1010 proporcionan un patrón tal como tres aumentos consecutivos de presión después de la detección de un descenso de la presión. El determinante de posición de caída 1004 puede determinar el valor de posición de caída final correspondiente a la tercera lectura de aumento de presión consecutiva.

35 **[0048]** En algunos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 puede emplear uno o más de entre, y/o cualquier combinación de entre, información de entrada de usuario, información de tabla de referencia y/o información de lecturas de presión para determinar el valor o posición de profundidad de caída inicial y/o el valor o posición de profundidad de caída final.

40 **[0049]** Para ajustar la profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 de forma gradual (p. ej., los rodillos de trabajo de entrada 506 en cada una de las diferentes zonas 802-814), el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 hace que las bombas 902a-g suministren el fluido de control a los respectivos actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. Por ejemplo, para justar las posiciones de profundidad de caída de los rodillos de trabajo de entrada 506, el determinante de profundidad de caída 1004 puede ordenar al dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 que inicie una o más de las bombas 902a-g para que suministren fluido de control presurizado desde uno o más de los reservorios 904 a-g hasta una o más de las respectivas cámaras 908a-g y/o 912a-g de los actuadores 620 y 712a-f. El dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 puede ordenar a una o más de las bombas 902a-g que entreguen fluido de control presurizado suficiente para colocar los respectivos escalones ajustables 618 y 704a-f y, por consiguiente, los cojinetes de soporte 616 y 702a-f con respecto a los rodillos de trabajo superiores 502 para proporcionar profundidades de caída deseadas (p. ej., profundidades de caída graduales) determinadas o calculadas por el determinante de posición de caída 1004. Por ejemplo, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 puede ajustar la posición (p. ej., la posición de golpe) de los actuadores 620 y 712a-f hasta que el detector de posición de caída 1008 determina que los respectivos actuadores 620 y 712a-f se encuentran en la posición deseada (p. ej., una posición de golpe) correspondiente a una profundidad de caída deseada de los rodillos de trabajo 412. El detector de posición de caída 1008 puede configurarse para percibir o detectar los valores de posición de profundidad de caída graduales de los rodillos de trabajo 412. Por ejemplo, el detector de posición de caída 1008 puede detectar la distancia o posición vertical entre los rodillos de trabajo 412 (es decir, los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504) para conseguir una posición de profundidad de caída particular 512 (p. ej., la distancia (d1) entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 054 de la figura 5). Para detectar la posición de la profundidad de caída, el detector de posición de caída 1008 recibe un valor de señal de posición procedente de los sensores de posición 916a-g de la figura 9. Por ejemplo, los sensores de posición 916a-g proporcionan una señal al detector de posición de caída

1008 en función de la posición de los respectivos soportes 918a-g, que se correlacionan con la posición de golpe de los respectivos actuadores 620 o 712a-f. El detector de posición de caída 1008 puede entonces comunicar el valor de posición de profundidad de caída al determinante de posición de caída 1004, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 y/o el comparador 1012.

5 **[0050]** El controlador de la válvula de posicionamiento 1018 está configurado para evitar o restringir que el fluido de control fluya entre los reservorios 904a-g y los respectivos actuadores 620 y 712a-f. Por ejemplo, después de colocar las posiciones de profundidad de caída del rodillo de trabajo 412 en las zonas 802-814, el controlador de la válvula de posicionamiento 1018 pueden hacer que cada una de las válvulas de posicionamiento 914a-g se muevan a una posición cerrada. Con la válvula de posicionamiento 914a-g en la posición cerrada, se conoce y/o
10 se controla un volumen de fluido de control en cada uno de los respectivos actuadores 620 y 712a-f.

[0051] La interfaz de sensor de presión 1010 puede configurarse para obtener el valor de presión, por ejemplo, del fluido de control en los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. Por ejemplo, la interfaz de sensor de presión 1010 puede configurarse para obtener valores de presión en cada una de las posiciones de profundidad de caída ajustadas de forma gradual para cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. En algunos ejemplos, la
15 interfaz de sensor de presión 1010 obtiene los valores de presión en cada una de las posiciones de caída ajustadas de forma gradual después de un retardo de tiempo predeterminado (p. ej., entre aproximadamente 1 segundo y 10 segundos). La interfaz de sensor de presión 1010 puede acoplarse de forma comunicativa a uno o más sensores de presión o dispositivos de medición de presión tales como, por ejemplo, los sensores de presión 920a-g de la figura 9. Por ejemplo, los sensores de presión 920a-g pueden proporcionar señales (p. ej., señales eléctricas) a la
20 interfaz de sensor de presión 1010, que se correlacionan con las presiones del fluido de control en los respectivos actuadores 620 y 712a-f.

[0052] En algunos ejemplos, la interfaz de sensor de presión 1010 puede recibir valores de medición de presión del sensor de presión 920d asociado al actuador 712c (p. ej., un actuador central) en la entrada de la niveladora 402 (p. ej., solo del actuador 712c).

25 **[0053]** El comparador 1012 puede estar configurado para recibir los valores de medición de presión de la interfaz de sensor de presión 1010 para cada una de las profundidades de caída graduales de cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. Por ejemplo, el comparador 1012 puede recibir los valores de medición de presión para cada una de las respectivas profundidades de caída graduales asociadas al actuador 712c. El comparador 1012 puede estar configurado para realizar comparaciones de los valores de medición de presión proporcionados por el
30 sensor de presión 920d asociado al actuador 712c. El comparador 1012 puede estar configurado para determinar la lectura de presión más baja o pequeña e identificar el valor de profundidad de caída gradual de los rodillos de trabajo de entrada correspondiente a la lectura de presión más pequeña detectada. De forma más específica, la lectura de presión más baja o pequeña detectada se asocia al gancho 202 del gráfico 200 de la figura 2 o se corresponde con este. En particular, el valor de medición de presión detectado más bajo o pequeño se aproxima al punto de cedencia del material en banda 400 dentro de un umbral (p. ej., aproximadamente 3 por ciento). De
35 esta manera, el valor de medición de presión más pequeño detectado asociado a la posición de profundidad de caída gradual es aproximadamente igual al punto de cedencia del material en banda 400. Cuanto más pequeños son los valores graduales, los valores de medición de presión medidos se aproximan al punto de cedencia real (p. ej., el punto de cedencia 202) asociado al material en banda 400. Por consiguiente, el determinante de posición de
40 caída 1004 detecta una profundidad de caída (p. ej., la posición de profundidad de caída gradual asociada a la lectura de presión más pequeña) que imparte una tensión al material en banda 400 que se aproxima a un punto de cedencia real (p. ej., el punto de cedencia 202 del gráfico 200 de la figura 2).

[0054] A su vez, el determinante de posición de caída 1004 provoca que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste o adapte una profundidad de caída o posiciones verticales de los rodillos de trabajo de entrada 506 a la profundidad de caída del rodillo de trabajo calculada o identificada (p. ej., la profundidad de caída d1 de la figura 5). En algunos ejemplos, el determinante de profundidad de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste una profundidad de caída (p. ej., la profundidad de caída d2 de la figura 5) de los rodillos de trabajo de salida 508 en función de los datos del material en banda particular (p. ej., el grosor T1 del material en banda 400) proporcionados por el usuario mediante la interfaz de usuario de entrada 1002. Por ejemplo,
50 la caída de los rodillos de trabajo de salida 308 puede ajustarse de forma que un hueco de separación entre superficies opuestas de los rodillos de trabajo superiores e inferiores sea sustancialmente igual al grosor del material en banda 400). Por tanto, los rodillos de trabajo de entrada 506 pueden ajustarse para proporcionar una profundidad de caída que sea más profunda (p. ej., mayor) que la profundidad de caída de los rodillos de trabajo de salida 508 (p. ej., d1 de la figura 5 es menor que d2 de la figura 5).

55 **[0055]** De forma adicional o alternativa, en algunos ejemplos, pueden proporcionarse los valores de presión medidos de cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o de las zonas 802-814. En algunos de estos ejemplos, la interfaz de sensor de presión 1010 puede recibir valores de medición de presión de cada uno de los sensores de presión 920a-g asociados a los respectivos actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. La interfaz de sensor de presión 1010 puede configurarse para enviar a continuación los valores de medición de presión al determinante de posición de caída 1004 y/o al comparador 1012. El comparador 1012 puede configurarse para detectar la lectura
60

- de presión más pequeña y la posición de profundidad de caída gradual asociada para cada uno de los actuadores 620 y 712a-f. En algunos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste cada uno de los actuadores 620 y 712a-f a su respectiva posición de profundidad de caída gradual identificada asociada a la lectura de presión más pequeña detectada del actuador respectivo 620 y 712a-f. En algunos de estos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste las profundidades de caída (p. ej., la distancia d1 de profundidad de caída de la figura 5) de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f a sus respectivos valores de profundidad de caída graduales correspondientes al valor de medición de medida de presión más pequeño del actuador particular 620 y 712a-f. En algunos ejemplos, el comparador puede determinar un valor medio del valor de profundidad de caída gradual asociado a los valores de medición de presión más pequeños en cada uno de los actuadores 620 y 712a-f. En algunos de estos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajuste las profundidades de caída (p. ej., la distancia d1 de profundidad de caída de la figura 5) de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f a la posición de profundidad de caída gradual media determinada para procesar el material en banda 400.
- 5
- 10
- 15 **[0056]** La interfaz de almacenamiento 1014 puede configurarse para almacenar valores de datos (p. ej., el valor de profundidad de caída gradual, el valor de profundidad de caída inicial, el valor de profundidad de caída final, los valores de medición de presión, el valor de medición de presión detectado más pequeño, etc.) en una memoria tal como, por ejemplo, la memoria del sistema 1413 y/o la memoria de almacenamiento masivo 1428 de la figura 14. De forma adicional, la interfaz de almacenamiento 1014 puede configurarse para recuperar valores de datos de la memoria (p. ej., los valores de profundidad de caída graduales, los valores de medición de presión, etc.). Por ejemplo, la interfaz de almacenamiento 1014 puede configurarse para almacenar valores de datos asociados a un tipo particular de material en banda y/o características del material recibidas por la interfaz de usuario de entrada 1002. Por ejemplo, la interfaz de almacenamiento 1014 puede almacenar un valor de caída inicial y un valor de caída máximo para un grado particular de acero de un material en banda. Por ejemplo, el acero de grado A36 puede presentar un rango de límite de elasticidad entre aproximadamente 207 y 310 MPa (30 000 y 45 000 libras/in² (psi)). En este ejemplo, se puede asociar una profundidad de caída inicial o primera al límite de elasticidad de 207 MPa (30 000 psi) y se puede asociar una profundidad de caída máxima o segunda al límite de elasticidad de 310 MPa (45 000 psi).
- 20
- 25
- 30 **[0057]** El calibrador 1016 puede configurarse para calibrar los sensores de posición 916a-g y/o los sensores de presión 920a-g de la niveladora de ejemplo 402. Por ejemplo, el calibrador 1016 puede iniciar una calibración de los sensores 916a-g y/o 920a-g antes del procesamiento del material en banda 400 mediante la niveladora 402. El calibrador 1016 puede configurarse para que se inicie cuando se selecciona un comando de entrada del usuario mediante la interfaz de entrada del usuario 1002. De forma adicional o alternativa, el calibrador 1016 puede configurarse para iniciar automáticamente la calibración de los sensores de posicionamiento 916a-g y/o los sensores de presión 920a-g antes de comenzar un ciclo de producción para el acondicionamiento del material en banda 400.
- 35
- 40 **[0058]** El calibrador 1016 puede configurarse para dar órdenes al detector de posición de caída 1008 y/o la interfaz de sensor de presión 1010 y/o para comunicarse con estos. Para calibrar los sensores de posición 916a-g y/o los sensores de presión 920a-g, el calibrador 1016 puede configurarse para ordenar al dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 que desplace los rodillos de trabajo 412 a una posición cerrada. Por ejemplo, los rodillos de trabajo 412 pueden encontrarse en una posición cerrada cuando los rodillos de trabajo inferiores 504 se acoplan a los rodillos de trabajo superiores 502 antes de que el material en banda 400 atraviese la niveladora 402. De forma alternativa, las placas de calibración que presentan un grosor conocido pueden colocarse entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 y el calibrador 1016 puede ordenar al dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 que mueva los rodillos de trabajo inferiores 504 hacia los rodillos de trabajo superiores 502 hasta que los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 se acoplen o se cierren contra superficies opuestas de las placas de calibración. Por ejemplo, un operador puede colocar las placas de calibración entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504.
- 45
- 50 **[0059]** Una vez que los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 se encuentran en una posición cerrada, el calibrador 1016 puede configurarse para determinar y/o registrar los valores de posición medidos proporcionados por los sensores de posición 916a-g para cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o zonas 802-814 y/o los valores de presión de posición de caída proporcionados por los sensores de presión 920a-g para cada uno de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o zonas 802-814. Por ejemplo, dado que se conoce el grosor de las placas de calibración, las señales de posición proporcionadas por los sensores de posición 916a-g pueden correlacionarse con los respectivos valores de posición de profundidad de caída que se corresponden con las respectivas posiciones de golpe de los actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o zonas 802-814. De forma adicional, los valores de presión percibidos por los sensores de presión 920a-g pueden correlacionarse con una fuerza (p. ej., una fuerza vertical) impartida al material en banda 400 por los rodillos de trabajo 412 asociados a los respectivos actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o zonas 802-814 cuando los respectivos actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f y/o zonas 802-814 se colocan en las posiciones de profundidad de caída. Después de calibrar los sensores 916a-g y/o 920a-g, el calibrador 1016 puede comunicar al determinante de profundidad de caída 1004 que se ha completado la calibración.
- 55
- 60

[0060] Aunque en la figura 10 se ilustra una manera de ejemplo de implementación del controlador 520, se pueden combinar, dividir, reorganizar, omitir, eliminar y/o implementar de cualquier otra manera uno o más de los elementos, procesos y/o dispositivos ilustrados en la figura 10. Asimismo, la interfaz de entrada del usuario de ejemplo 1002, el determinante de profundidad de caída de ejemplo 1004, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006, el detector de posición de caída de ejemplo 1008, la interfaz de sensor de presión de ejemplo 1010, el comparador de ejemplo 1012, la interfaz de almacenamiento de ejemplo 1014, el calibrador de ejemplo 1016 y/o el controlador de válvula de posicionamiento de ejemplo 1018 y/o, de forma más general, el controlador de ejemplo 520 de la figura 10 pueden implementarse mediante *hardware*, *software*, *firmware* y/o cualquier combinación de *hardware*, *software* y/o *firmware*. Por consiguiente, por ejemplo, cualquiera de entre la interfaz de entrada del usuario de ejemplo 1002, el determinante de profundidad de caída de ejemplo 1004, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006, el detector de posición de caída de ejemplo 1008, la interfaz de sensor de presión de ejemplo 1010, el comparador de ejemplo 1012, la interfaz de almacenamiento de ejemplo 1014, el calibrador de ejemplo 1016 y/o el controlador de válvula de posicionamiento de ejemplo 1018 y/o, de forma más general, el controlador de ejemplo 520 de la figura 10 podrían implementarse mediante uno o más circuito(s) analógicos o digitales, circuitos lógicos, procesador(es) programable(s), circuito(s) integrado(s) de aplicación específica (ASIC), dispositivo(s) lógico(s) programable(s) (PLD) y/o dispositivo(s) lógico(s) de campo programable(s) (FPLD). Al leer que cualquiera de las reivindicaciones del aparato o sistema de la presente patente cubre una implementación puramente de *software* y/o *firmware*, se define expresamente en el presente documento que al menos uno de entre la interfaz de entrada del usuario de ejemplo 1002, el determinante de profundidad de caída de ejemplo 1004, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006, el detector de posición de caída de ejemplo 1008, la interfaz de sensor de presión de ejemplo 1010, el comparador de ejemplo 1012, la interfaz de almacenamiento de ejemplo 1014, el calibrador de ejemplo 1016 y/o el controlador de válvula de posicionamiento de ejemplo 1018 y/o, de forma más general, el controlador de ejemplo 520 de la figura 10 incluye(n) un dispositivo de almacenamiento tangible legible por ordenador o un disco de almacenamiento como una memoria, un disco versátil digital (DVD), un disco compacto (CD), un disco Blu-ray, etc. que almacena el *software* y/o el *firmware*. Asimismo, el controlador de ejemplo 520 de la figura 10 puede incluir uno o más elementos, procesos y/o dispositivos además de, o en lugar de, los ilustrados en la figura 10, y/o puede incluir más de uno de cualquiera de los elementos, procesos y dispositivos ilustrados o todos ellos.

[0061] Por tanto, la invención se refiere también a un medio tangible legible por ordenador que comprende instrucciones que, al ejecutarse, hacen que una máquina: ajuste gradualmente, mediante un actuador, un primer rodillo de trabajo con respecto a un segundo rodillo de trabajo entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales; mida un valor de presión en el actuador en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales; asocie los valores de presión medidos con las correspondientes posiciones de profundidad de caída graduales; detecte el valor más pequeño de los valores de presión medidos; e identifique una primera de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al valor más pequeño de los valores de presión medidos.

[0062] Preferiblemente, el medio legible por ordenador comprende además instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina ajuste una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales y procese un material en banda en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales.

[0063] De forma más preferible, el medio legible por ordenador comprende además instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina reciba características de material del material en banda antes de ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo entre las posiciones de profundidad de caída graduales.

[0064] De forma aún más preferible, las instrucciones que hacen que la máquina reciba características de material del material en banda comprenden instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina reciba un valor de anchura y un valor de grosor del material en banda.

[0065] Preferiblemente, el medio legible por ordenador comprende además instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina ajuste gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando gradualmente una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo mediante el valor gradual preestablecido.

[0066] Más preferiblemente, el medio legible por ordenador comprende además instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina ajuste gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando el primer y el segundo rodillo de trabajo a una posición de profundidad de caída inicial y ajustando la profundidad de caída inicial mediante un valor gradual preestablecido.

[0067] Aún más preferiblemente, el medio legible por ordenador comprende además instrucciones que, al ejecutarse, hacen que la máquina muestre, mediante una interfaz de usuario, las posiciones de profundidad de caída graduales y los valores de presión medidos correspondientes a las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales.

[0068] La figura 11 ilustra un diagrama de flujo que representa las instrucciones legibles por máquina de ejemplo para la implementación del controlador 520 de las figuras 5 y 10 y/o el determinante de profundidad de caída 1104 de la figura 10. La figura 13 ilustra un diagrama de flujo que representa las instrucciones legibles por máquina de ejemplo para la implementación del controlador 520 de las figuras 5 y 10 y/o el calibrador 1016 de la figura 10. En este ejemplo, las instrucciones legibles por máquina comprenden un programa para que lo ejecute un procesador tal como el procesador 1412 mostrado en la plataforma de procesador de ejemplo 1400 analizada a continuación en relación con la figura 14. El programa se puede implementar en *software* almacenado en un medio de almacenamiento tangible legible por ordenador tal como un CD-ROM, un disquete, un disco duro, un disco versátil digital (DVD), un disco Blu-ray, o una memoria asociada al procesador 1412, pero todo el programa y/o partes de este podrían ser ejecutadas de forma alternativa por un dispositivo distinto al procesador 1412 y/o implementadas en *firmware* o *hardware* especializado. Asimismo, aunque los programas de ejemplo se describen con referencia a los diagramas de flujo ilustrados en las figuras 11 y 13, se pueden utilizar de forma alternativa muchos otros métodos de implementación del controlador de ejemplo 520, el determinante de profundidad de caída de ejemplo 1004 y/o el calibrador 1016. Por ejemplo, puede cambiarse el orden de ejecución de los bloques y/o pueden cambiarse, eliminarse o combinarse algunos de los bloques descritos.

[0069] Como se ha mencionado anteriormente, los procesos de ejemplo de las figuras 11 y 13 pueden implementarse utilizando instrucciones codificadas (p. ej., instrucciones legibles por ordenador y/o máquina) almacenadas en un medio de almacenamiento tangible legible por ordenador tal como un disco duro, una memoria flash, una memoria de solo lectura (ROM), un disco compacto (CD), un disco versátil digital (DVD), una caché, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o cualquier otro disco de almacenamiento o dispositivo de almacenamiento en el que se almacene información durante cualquier periodo de tiempo (p. ej., durante periodos de tiempo extendidos, de forma permanente, durante unos breves momentos, durante un almacenamiento temporal, y/o durante un almacenamiento en caché de la información). Como se utiliza en el presente documento, se define expresamente que el término medio de almacenamiento tangible legible por ordenador incluye cualquier tipo de disco de almacenamiento y/o dispositivo de almacenamiento legible por ordenador y excluye señales de propagación y excluye medios de transmisión. Como se utiliza en el presente documento, «medio de almacenamiento tangible legible por ordenador» y «medio de almacenamiento tangible legible por máquina» se utilizan indistintamente. De forma adicional o alternativa, los procesos de ejemplo de las figuras 11 y 13 pueden implementarse utilizando instrucciones codificadas (p. ej., instrucciones legibles por ordenador y/o máquina) almacenadas en un medio no transitorio legible por ordenador y/o máquina tal como un disco duro, una memoria flash, una memoria de solo lectura, un disco compacto, un disco versátil digital, una caché, una memoria de acceso aleatorio y/o cualquier otro disco de almacenamiento o dispositivo de almacenamiento en el que se almacene información durante cualquier periodo de tiempo (p. ej., durante periodos de tiempo extendidos, de forma permanente, durante unos breves momentos, durante un almacenamiento temporal, y/o durante un almacenamiento en caché de la información). Como se utiliza en el presente documento, se define expresamente que el término medio no transitorio legible por ordenador el término incluye cualquier tipo de disco de almacenamiento y/o dispositivo de almacenamiento legible por ordenador y excluye señales de propagación y excluye medios de transmisión. Como se utiliza en el presente documento, cuando el sintagma «al menos» se utiliza como término de transición en un preámbulo de una reivindicación, el término es abierto de la misma manera que el término «que comprende» es abierto. Volviendo con detalle a la figura 11, el determinante de posición de caída 1004 recibe u obtiene información de características del material en banda (bloque 1102). Por ejemplo, un usuario puede introducir las características del material mediante una interfaz de usuario del controlador como, por ejemplo, la interfaz de entrada del usuario 1002 de la figura 10.

[0070] El determinante de profundidad de caída 1004 ordena o hace que el dispositivo de ajuste de profundidad de caída desplace los rodillos de trabajo 412 a una profundidad de caída inicial (bloque 1104). Por ejemplo, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ordena a una o más de las bombas 902a-g que suministren fluido de control presurizado a uno o más de los respectivos actuadores 620, 622, 712a-f y 714a-f. Más específicamente, como se ha indicado anteriormente, el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajusta la posición de caída de los rodillos de trabajo 412 en la entrada 630 de la niveladora 402 (p. ej., la distancia d1 de profundidad de caída en los rodillos de trabajo de entrada 506) y la posición de caída de los rodillos de trabajo 412 en la salida 632 de la niveladora 402 (p. ej., los rodillos de trabajo de salida 508). Los rodillos de trabajo 412 en la salida 632 pueden ajustarse a una profundidad de caída igual a un grosor (p. ej., el grosor T1) del material en banda 100 recibido mediante la interfaz de entrada del usuario 1002. En algunos ejemplos, el determinante de posición de caída 1004 recupera el valor de profundidad de caída inicial mediante la interfaz de entrada del usuario 1002. En algunos ejemplos, el valor de profundidad de caída inicial se determina utilizando una tabla de referencia recuperada de la interfaz de almacenamiento 1014. Por ejemplo, en función de las características del material recibidas de la interfaz de entrada 1002, el determinante de posición de caída 1004 determina un valor de profundidad de caída asociado a un límite de elasticidad mínimo del material en banda.

[0071] Después del ajuste de la profundidad de caída inicial y antes del procesamiento del material en banda, se mide un valor de presión (bloque 1106). Por ejemplo, el valor de presión puede ser una presión proporcionada por el sensor de presión 920d del cilindro del actuador 712c cuando los rodillos de trabajo 412 en la entrada 630 se colocan a la profundidad de caída inicial. Por ejemplo, la interfaz de sensor de presión 1010 puede detectar,

mediante el sensor de presión 920d, un valor de presión en el actuador 712c cuando el actuador 712c está colocado en una posición de golpe que se correlaciona con la posición de profundidad de caída inicial de los respectivos rodillos de trabajo 412 asociados al actuador 712c. En algunos ejemplos, la interfaz de sensor de presión 1010 puede medir la presión en el actuador 712c después de que haya transcurrido un periodo de tiempo predeterminado (p. ej., tres segundos, cinco segundos, etc.) desde el momento en que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 coloca los rodillos de trabajo 412 en la posición de profundidad de caída inicial. En algunos ejemplos, se registra una presión en cada una de las zonas 804-814 asociada a los cilindros de los actuadores 620 y 712a-f. Por ejemplo, la interfaz de sensor de presión 1010 puede detectar, mediante uno o más de los sensores de presión 920a-g, un valor de presión en cada uno de los actuadores 620, 712a-f y/o zonas 802-814 cuando los actuadores 620, 712a-f se encuentran en las respectivas posiciones de golpe iniciales que se correlacionan con las posiciones de profundidad de caída iniciales de los respectivos rodillos de trabajo 412 asociados a los actuadores 620, 712a-f.

[0072] El determinante de posición de caída 1004 asocia la presión medida con la profundidad de caída actual (bloque 1108). Por ejemplo, en la profundidad de caída inicial, la interfaz de sensor de presión 1010 determina la presión en el cilindro del actuador 712c y asocia el valor de presión con la posición de profundidad de caída inicial.

[0073] A continuación, el determinante de posición de caída 1004 determina si se ha alcanzado una profundidad de caída máxima (bloque 1110). Por ejemplo, en función de las características del material recibidas de la interfaz de entrada 1002, el determinante de posición de caída 1004 determina un valor de profundidad de caída máximo asociado a un límite de elasticidad máximo del material en banda en función de las características del material. Por ejemplo, el determinante de posición de caída 1004 puede recuperar una tabla de referencia de la interfaz de almacenamiento 1014 proporcionando una profundidad de caída asociada a un límite de elasticidad máximo del material en banda. En algunos ejemplos, un usuario u operador puede introducir el valor de profundidad de caída máximo mediante la interfaz de entrada del usuario 1002. En algunos ejemplos, el valor de profundidad de caída máximo se determina en función de una comparación y/o un patrón de las salidas de las lecturas del sensor de presión proporcionadas por la interfaz de sensor de presión 1010. Por ejemplo, el comparador 1012 compara una primera salida de presión y una segunda salida de presión para detectar aumentos consecutivos de presión. Por ejemplo, si se detecta un aumento de presión entre dos valores consecutivos, el comparador 1012 compara una tercera salida de presión con la segunda salida de presión. El determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de profundidad de caída 1006 ajuste la caída mediante otra profundidad de caída gradual. Si la presión disminuye después del ajuste de la caída gradual, el comparador 1012 compara la siguiente lectura de presión con la anterior lectura de presión hasta que se detecta un número (p. ej., tres) de aumentos de presión consecutivos. En el último aumento de presión detectado después de alcanzar el umbral de aumento de presión consecutivo, el determinante de posición de caída 1004 deja de muestrear y se determina la profundidad de caída máxima. En algunos ejemplos, el comparador 1012 compara las salidas de presión y después de detectar un segundo descenso de presión en comparación con una lectura de presión anterior, el comparador 1012 continúa monitorizando hasta que se consigue un número de aumentos de presión consecutivos. Una vez se ha detectado el número de lecturas de presión consecutivas, se alcanza la profundidad de caída máxima.

[0074] Si no se ha alcanzado una profundidad de caída máxima en el bloque 1110, el determinante de posición de caída 1004 procede a la siguiente profundidad de caída gradual (bloque 1112). De forma específica, el determinante de posición de caída 1004 hace que el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 aumente una profundidad de caída mediante un valor gradual. Por ejemplo, el valor gradual puede ser de 0,012 mm (cinco milésimas de pulgada (p. ej., 0,0005 pulgadas)), 0,025 mm (diez milésimas de pulgada (0,001 pulgadas)), 0,05 mm (veinte milésimas de pulgada (0,0020)) y/o cualquier otro valor gradual. Un valor gradual más pequeño permite que el determinante de profundidad de caída 1004 determine de forma más precisa una profundidad de caída asociada a un punto de cedencia real de un material en banda. Para cada valor gradual, se mide la presión (bloque 1106) y se asocia la presión medida a la profundidad de caída actual (bloque 1108). Como se ha indicado anteriormente, se puede medir la presión en cada posición de profundidad de caída gradual después de que haya transcurrido un periodo de tiempo predeterminado (p. ej., después de tres segundos).

[0075] Cuando se alcanza la profundidad de caída máxima en el bloque 1110, el determinante de profundidad de caída 1004 compara las lecturas de presión medidas (bloque 1114). Por ejemplo, cada una de las lecturas de presión medidas asociadas a las diversas profundidades de caída graduales se compara mediante el comparador 1012.

[0076] El comparador 1012 y/o el determinante de profundidad de caída 1004 detecta o determina la lectura de presión más pequeña e identifica la profundidad de caída correspondiente a la lectura de presión más pequeña (bloque 1116). La presión de lectura más pequeña se asocia a una profundidad de caída que imparte una tensión al material en banda 400 que es la más cercana (p. ej., dentro del tres por ciento) a un punto de cedencia (p. ej., de un punto de cedencia real) del material en banda 400. Por ejemplo, la tensión o presión determinada por el determinante de profundidad de caída 1004 se asocia al punto de cedencia 202 del material en banda 400 proporcionado por la curva tensión-resistencia de la figura 2. En algunos ejemplos, el determinante de profundidad de caída 1004 mide la presión de cada uno de los cilindros de los actuadores 620 y 712a-f en cada una de las profundidades de caída graduales. El determinante de profundidad de caída 1004 y/o el comparador 1012

determina la lectura de presión más pequeña para cada uno de los cilindros de los actuadores 620 y 712a-f y las profundidades de caída asociadas correspondientes a las respectivas lecturas de presión más pequeñas. Se identifican las profundidades de caída de cada uno de los actuadores 620 y 712a-f correspondientes a las lecturas de presión más pequeñas y el controlador 518 determina un valor de profundidad de caída medio. El dispositivo de ajuste de caída 1006 ajusta la profundidad de caída de los rodillos de trabajo de entrada 506 mediante los actuadores 620 y 712a-f al valor de profundidad de caída medio determinado. En otros ejemplos, el determinante de profundidad de caída 1004 determina la profundidad de caída de cada uno de los diferentes actuadores 620 y 712a-f y ajusta cada uno de los actuadores 620 y 712a-f a la respectiva profundidad de caída correspondiente a la lectura de presión más pequeña. De esta manera, cada uno de los actuadores 620 y 712a-f se ajustan de forma independiente entre sí a una profundidad de caída asociada a su respectiva lectura de presión más pequeña. En otras palabras, en algunos de estos ejemplos, el método 1100 de la figura 11 se lleva a cabo para cada actuador 620 y 712a-f y de forma independiente entre sí.

[0077] El determinante de profundidad de caída 1004 y/o el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajusta la profundidad de caída de los rodillos de trabajo 412 (p. ej., en los rodillos de trabajo de entrada) en función de la profundidad de caída identificada asociada a la lectura de presión más pequeña (bloque 1118). Por ejemplo, el determinante de profundidad de caída 1004 y/o el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajusta la profundidad de caída de los rodillos de trabajo de entrada 506 mediante los actuadores 620 y 712a-f a la profundidad de caída identificada correspondiente a la lectura de presión más pequeña. El determinante de profundidad de caída 1004 y/o el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 coloca los rodillos de trabajo de salida 508 correspondiendo con el grosor del material en banda (p. ej., obtenido mediante la interfaz de entrada del usuario 1002). Por ejemplo, el determinante de profundidad de caída 1004 y/o el dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 ajusta la profundidad de caída de los rodillos de trabajo de salida 508 mediante los actuadores 622 y 714a-f a la profundidad de caída identificada correspondiente al grosor del material en banda (p. ej., un hueco o distancia vertical entre el punto más bajo de los rodillos de trabajo superiores y el punto más alto de los rodillos de trabajo inferiores es sustancialmente igual al grosor del material en banda).

[0078] Después de ajustar los actuadores 620 y 712a-f en la posición de profundidad de caída identificada y/o de ajustar los actuadores 622 y 714a-f en la profundidad de caída correspondiente al grosor del material en banda, se procesa el material en banda (p. ej., el material en banda 400). En funcionamiento, el material en banda puede introducirse de forma continua en la niveladora 402 desde una desbobinadora (p. ej., la desbobinadora 408 de la figura 4).

[0079] La figura 12 ilustra una visualización o salida de ejemplo 1200 proporcionada por el determinante de profundidad de caída 1004 al ejecutar el método de ejemplo 1100 de la figura 11 para procesar un material en banda de ejemplo compuesto por acero. En particular, antes de procesar el material en banda, el determinante de profundidad de caída 1004 determina una profundidad de caída aproximada a un punto de cedencia (p. ej., el punto de cedencia 202 del gráfico de tensión-deformación 200 de la figura 2) del material en banda.

[0080] En el ejemplo ilustrado, el material en banda procesado en el ejemplo de la figura 12 está compuesto por acero al carbono y presenta características que incluyen un grosor de 4,37 mm (0,1720 pulgadas), un ancho de 1524 mm (sesenta pulgadas (60 in)), un módulo de elasticidad de Young de 207 GPa (30 Mpsi), y un límite de elasticidad mínimo de aproximadamente 345 MPa (50 000 psi). Las características del material se pueden recibir mediante la interfaz de entrada del usuario 1002. La visualización 1200 incluye un número 1202 de posiciones de profundidad de caída graduales, valores de hueco de entrada 1204 correspondientes a las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales, y presiones medidas 1206 asociadas a las posiciones de profundidad de caída graduales. La visualización 1200 del ejemplo ilustrado también proporciona un número total de muestras 1208 que se han de medir (p. ej., 40 muestras), un retardo 1210 para medir los valores de presión después de ajustar o colocar una posición de profundidad de caída gradual (p. ej., un retardo de tres segundos), una distancia o valor de profundidad de caída gradual 1212 (p. ej., 0,05 mm (0,002 pulgadas)) entre las posiciones de profundidad de caída graduales, un grosor 1214 del material en banda (p. ej., 4,37 mm (0,1720 pulgadas)), un ancho del material en banda 1216 (p. ej., 1524 mm (60 pulgadas)), un porcentaje de zona transversal que estirar plásticamente 1218 (p. ej., 80 por ciento), y una ventana de ajustes de hueco calculado 1220 que ilustra un hueco de entrada de los rodillos de trabajo de entrada (p. ej., 2,2 mm (0,087 pulgadas)), un hueco de salida de los rodillos de trabajo de salida (p. ej., 4,37 mm (0,172 pulgadas)), un hueco mínimo de los rodillos de trabajo de entrada (p. ej., 2,2 mm (0,087 pulgadas)), y el porcentaje máximo de zona transversal del material en banda que se ha de estirar (p. ej., 80 por ciento).

[0081] La secuencia ilustrada en la visualización 1200 comienza en posiciones de hueco de 01 a 10. Este ejemplo toma diez lecturas para detectar la posición de caída asociada a la lectura de presión más baja 1222. El determinante de posición de caída de ejemplo 1004 detectó el aumento de presión en las lecturas 8-10 y determinó en función de estas lecturas que no eran necesarias lecturas adicionales (p. ej., en función de una diferencia o comparación con la salida de presión en la lectura 1-7). La lectura de presión más baja o más pequeña 1222 se encuentra en la lectura 7 en la columna que representa el número 1202 de posiciones de profundidad de caída graduales. En la lectura 7, la posición de profundidad de caída es 2,44 mm (0,0960 pulgadas) y la lectura de presión asociada o correspondiente a la posición de profundidad de caída de 2,44 mm (0,096 pulgadas) en la lectura 7 es

5 MPa que corresponde a 730 libras por pulgada cuadrada (p. ej., 730 lbs/in²). El punto de cedencia calculado dados el grosor del material, el tipo de material y la presión (5 MPa, 730 lbs/in²) proporcionados en la posición de profundidad de caída de 2,44 mm (0,096 pulgadas) es de 335 MPa (48 583 lbs/in²).

5 **[0082]** Las pruebas de laboratorio determinaron que el límite de elasticidad real del material en banda de muestra representado en la figura 12 es de 343,7 MPa (49 850 lbs/in²). El límite de elasticidad calculado proporcionado por el valor de presión más pequeño en la lectura 7 y la elasticidad de prueba real proporcionada mediante las pruebas de laboratorio presentan una diferencia de aproximadamente el 2,54 %. Por consiguiente, el determinante de profundidad de caída de ejemplo 1004 del ejemplo ilustrado determinó una posición de profundidad de caída que proporciona una tensión al material en banda dentro de un tres por ciento del punto de cedencia real del material en banda.

10 **[0083]** La figura 13 ilustra un método de ejemplo 1300 que se puede utilizar para implementar el controlador 520 y/o el calibrador 1016 de la figura 10. De forma más específica, el método 1300 puede llevarse a cabo antes de recibir la(s) característica(s) del material en banda en el bloque 1102 de la figura 11. En otras palabras, el método de ejemplo 1300 se puede llevar a cabo antes de un ciclo de producción del material en banda 400.

15 **[0084]** Para calibrar los sensores de posición y los sensores de presión, el calibrador inicia la calibración (bloque 1302). Para iniciar la calibración, se puede seleccionar un control de calibración mediante la interfaz de entrada del usuario 1002 y/o se puede iniciar antes de un ciclo de producción.

20 **[0085]** Para calibrar los sensores de posición 916a-g y los sensores de presión 920a-g, se ajustan los rodillos de trabajo 412 en cada zona a una posición cerrada (bloque 1304). Por ejemplo, el calibrador 1016 instruye u ordena al dispositivo de ajuste de la posición de caída 1006 que controle las bombas 902a-g y que proporcione fluido de control a los respectivos actuadores 620, 712a-f hasta que los rodillos de trabajo inferiores 504 se acoplen a los rodillos de trabajo superiores 502. En algunos ejemplos, se puede colocar una pluralidad de placas de tierra, cada una con un grosor conocido o considerablemente similar, entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 en cada una de las zonas (p. ej., las zonas 802-814). En los ejemplos en los que se emplean las placas de calibración, se ajustan los rodillos de trabajo inferiores 504 hasta que los rodillos de trabajo inferiores 504 y los rodillos de trabajo superiores 502 se acoplan a las respectivas superficies opuestas de las placas de calibración colocadas entre los rodillos de trabajo superiores 502 y los rodillos de trabajo inferiores 504 (p. ej., separadas por una distancia vertical definida por un grosor de la(s) placa(s) de calibración).

25 **[0086]** El controlador 520 y/o el detector de posición de caída 1008 detecta si los rodillos de trabajo 412 en cada zona se encuentran en la posición cerrada (bloque 1306). Si los rodillos de trabajo 412 no se encuentran en la posición cerrada, entonces el sistema vuelve al bloque 1304. Si los rodillos de trabajo 412 se encuentran en la posición cerrada, el controlador de válvula de posicionamiento 1018 hace que las válvulas de posicionamiento 914a-g se desplacen a una posición cerrada para cada zona asociada a los rodillos de trabajo 412 colocados en la posición cerrada. En la posición cerrada, las válvulas de posicionamiento 914a-g evitan o restringen el flujo del fluido de control entre el reservorio 904a-g y las respectivas cámaras 808a-f. Si los rodillos de trabajo 412 en cada zona se encuentran en una posición cerrada, el calibrador 1016 registra el valor de posición de cada zona (bloque 1308) y los valores de presión de cada zona y/o actuadores (bloque 1310). Por ejemplo, después de desplazar las válvulas de posicionamiento (p. ej., las válvulas de posicionamiento 914a-g) a las posiciones cerradas, se registra el valor de posición proporcionado por los sensores de posición 916a-g correspondiente a la posición de profundidad de caída y, por tanto, la posición de golpe de cada uno de los respectivos actuadores asociados a las respectivas zonas. De forma adicional, se registra el valor de presión proporcionado por el sensor de presión 920a-g asociado al actuador o zona particular.

30 **[0087]** Si todos los valores de presión registrados son iguales o considerablemente iguales (dentro del diez por ciento) en cada zona (bloque 1314), entonces el sistema registra el valor de posición de caída en cada zona (bloque 1316) y correlaciona el valor de presión en cada zona con el respectivo valor de posición de caída registrado (bloque 1318).

35 **[0088]** La figura 14 es un diagrama de bloques de una plataforma de procesador de ejemplo 1400 capaz de ejecutar las instrucciones de las figuras 11 y 13 para implementar el controlador 520 de las figuras 5 y 10. La plataforma de procesador 1400 puede ser, por ejemplo, un servidor, un ordenador personal, un dispositivo móvil (p. ej., un teléfono móvil, a teléfono inteligente, una tableta tal como un iPad™, un asistente digital personal (PDA), una aplicación de Internet, un reproductor de DVD, un reproductor de CD, o cualquier otro tipo de dispositivo informático.

40 **[0089]** La plataforma de procesador 1400 del ejemplo ilustrado incluye un procesador 1412. El procesador 1412 del ejemplo ilustrado es *hardware*. Por ejemplo, el procesador 1412 puede ser implementado por uno o más circuitos integrados, circuitos lógicos, microprocesadores o controladores de cualquier familia o fabricante deseado.

45 **[0090]** El procesador 1412 del ejemplo ilustrado incluye una memoria local 1413 (p. ej., una caché). El procesador 1412 del ejemplo ilustrado se encuentra en comunicación con una memoria principal que incluye una memoria

- volátil 1414 y una memoria no volátil 1416 mediante un bus 1418. La memoria volátil 1414 puede implementarse mediante memoria de acceso aleatorio dinámica sincrónica (SDRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica RAMBUS (RDRAM) y/o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria de acceso aleatorio. La memoria no volátil 1416 puede implementarse mediante memoria flash y/o cualquier otro tipo deseado de dispositivo de memoria. El acceso a la memoria principal 1414, 1416 se controla mediante un controlador de memoria.
- 5
- [0091]** La plataforma de procesador 1400 del ejemplo ilustrado incluye también un circuito de interfaz 1420. El circuito de interfaz 1420 puede implementarse mediante cualquier tipo de norma de interfaz, como una interfaz Ethernet, un bus serial universal (USB) y/o una interfaz PCI express.
- 10
- [0092]** En el ejemplo ilustrado, uno o más dispositivos de entrada 1422 están conectados al circuito de interfaz 1420. El dispositivo o los dispositivos de entrada 1422 permite(n) a un usuario introducir datos y órdenes en el procesador 1412. El dispositivo o los dispositivos de entrada se pueden implementar, por ejemplo, mediante un sensor de audio, un micrófono, una cámara (fotográfica o de vídeo), un teclado, un botón, un ratón, una pantalla táctil, una almohadilla de seguimiento, una bola de seguimiento, isopoint y/o un sistema de reconocimiento de voz.
- 15
- [0093]** También se conectan uno o más dispositivos de salida 1424 al circuito de interfaz 1420 del ejemplo ilustrado. Los dispositivos de salida 1424 pueden implementarse, por ejemplo, mediante dispositivos de visualización (p. ej., un diodo emisor de luz (LED), un diodo orgánico emisor de luz (OLED), una pantalla de cristal líquido, una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla táctil, un dispositivo de salida táctil, una impresora y/o altavoces). Por tanto, el circuito de interfaz 1420 del ejemplo ilustrado incluye normalmente una tarjeta de controlador de gráficos, un chip de controlador de gráficos o un procesador de controlador de gráficos. El circuito de interfaz 1420 del ejemplo ilustrado también incluye un dispositivo de comunicación tal como un transmisor, un receptor, un transceptor, un módem y/o una tarjeta de interfaz de red para facilitar el intercambio de datos con máquinas externas (p. ej., dispositivos informáticos de cualquier tipo) mediante una red 1426 (p. ej., una conexión Ethernet, una línea de abonado digital (DSL), una línea telefónica, un cable coaxial, un sistema de telefonía celular, etc.).
- 20
- 25
- [0094]** La plataforma de procesador 1400 del ejemplo ilustrado también incluye uno o más dispositivos de almacenamiento masivo 1428 para almacenar *software* y/o datos. Los ejemplos de dichos dispositivos de almacenamiento masivo 1428 incluyen unidades de disquetes, unidades de discos duros, unidades de discos compactos, unidades de discos Blu-ray, sistemas RAID y unidades de disco versátil digital (DVD).
- 30
- [0095]** Las instrucciones codificadas 1100 y 1300 de las figuras 11 y 13 se pueden almacenar en el dispositivo de almacenamiento masivo 1428, en la memoria volátil 1414, en la memoria no volátil 1416 y/o en un medio de almacenamiento tangible legible por ordenador extraíble tal como un CD o un DVD.
- 35
- [0096]** De lo anterior, se entenderá que los métodos, aparatos y artículos de fabricación dados a conocer anteriormente utilizan un valor de presión medido para determinar si se aplica una fuerza suficiente con el fin de estirar o deformar plásticamente el material en banda (p. ej., el material en banda 400) que pasa a través de los rodillos de trabajo encajados (p. ej., los rodillos de trabajo 412). De esta manera, el valor de presión medido se correlaciona con una fuerza impartida al material en banda mediante los rodillos de trabajo 412. La fuerza medida puede utilizarse para determinar si la fuerza es suficiente para someter (p. ej., estirar o doblar) el material en banda 400 más allá de su límite de elasticidad con el fin de liberar las tensiones internas (p. ej., eliminar el *coil set*) en el material en banda 100.
- 40
- [0097]** Al menos algunos de los ejemplos anteriormente mencionados incluyen una o más características y/o beneficios entre los que se incluyen, pero sin carácter limitativo:
 En algunos ejemplos, un método para ajustar una profundidad de caída de una niveladora incluye: ajustar gradualmente, mediante un actuador, un primer rodillo de trabajo con respecto a un segundo rodillo de trabajo entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales; medir un valor de presión en el actuador en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales; asociar los valores de presión medidos con las correspondientes posiciones de profundidad de caída graduales; detectar el valor más pequeño de los valores de presión medidos; e identificar una primera posición de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al valor más pequeño de los valores de presión medidos.
- 45
- 50
- [0098]** En algunos ejemplos, el método incluye procesar un material en banda en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales.
- [0099]** En algunos ejemplos, el método incluye recibir las características de material del material en banda antes de ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo entre las posiciones de profundidad de caída graduales.
- 55
- [0100]** En algunos ejemplos, el método incluye recibir características del material recibiendo un valor de ancho y un valor de grosor del material en banda.

- [0101]** En algunos ejemplos, el método incluye ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando gradualmente una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo mediante un valor gradual preestablecido.
- 5 **[0102]** En algunos ejemplos, el método incluye ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando el primer y el segundo rodillo de trabajo a una posición de profundidad de caída inicial y ajustar la profundidad de caída inicial mediante un valor gradual preestablecido.
- [0103]** En algunos ejemplos, el método incluye colocar un material en banda en la niveladora entre el primer rodillo de trabajo y el segundo rodillo de trabajo antes de ajustar gradualmente las posiciones de profundidad de caída.
- 10 **[0104]** En algunos ejemplos, el método incluye visualizar, mediante una interfaz de usuario, las posiciones de profundidad de caída graduales y los valores de presión medidos correspondientes a las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales.
- 15 **[0105]** En algunos ejemplos, un medio tangible legible por ordenador que comprende instrucciones que, al ejecutarse, hacen que una máquina: ajuste gradualmente, mediante un actuador, un primer rodillo de trabajo con respecto a un segundo rodillo de trabajo entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales; mida un valor de presión en el actuador en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales; asocie los valores de presión medidos con las correspondientes posiciones de profundidad de caída graduales; detecte el valor más pequeño de los valores de presión medidos; e identifique una primera posición de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al valor más pequeño de los valores de presión medidos.
- 20 **[0106]** En algunos ejemplos, las instrucciones hacen que la máquina ajuste una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales y procese un material en banda en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales.
- 25 **[0107]** En algunos ejemplos, las instrucciones hacen que la máquina reciba características de material del material en banda antes de ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo entre las posiciones de profundidad de caída graduales.
- [0108]** En algunos ejemplos, las instrucciones que hacen que la máquina reciba características del material comprenden recibir un valor de ancho y un valor de grosor del material en banda.
- 30 **[0109]** En algunos ejemplos, las instrucciones hacen que la máquina ajuste gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando gradualmente una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo mediante un valor gradual preestablecido.
- [0110]** En algunos ejemplos, las instrucciones hacen que la máquina ajuste gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo ajustando el primer y el segundo rodillo de trabajo a una posición de profundidad de caída inicial y ajuste la profundidad de caída inicial mediante un valor gradual preestablecido.
- 35 **[0111]** En algunos ejemplos, las instrucciones hacen que la máquina muestre las posiciones de profundidad de caída graduales y los valores de presión medidos correspondientes a las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales.
- 40 **[0112]** En algunos ejemplos, una niveladora para acondicionar un material en banda incluye una primera pluralidad de cilindros de trabajo de entrada, una segunda pluralidad de cilindros de trabajo de entrada soportados por un escalón ajustable, y un actuador asociado al escalón ajustable. El actuador ajusta gradualmente una posición del escalón ajustable con el fin de desplazar la segunda pluralidad de rodillos de trabajo de entrada con respecto a la primera pluralidad de rodillos de trabajo de entrada entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales. Se acopla un sensor de presión al actuador para medir un valor de presión en un fluido de control del actuador cuando el primer y el segundo rodillo de trabajo se colocan en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales. Un controlador está configurado para determinar el valor más pequeño de los valores de presión e identificar una primera posición de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al valor más pequeño de los valores de presión.
- 45 **[0113]** En algunos ejemplos, el controlador ajusta el primer y el segundo rodillo de trabajo a la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída.
- 50 **[0114]** En algunos ejemplos, el escalón ajustable incluye una pluralidad de escalones ajustables para definir zonas respectivas a través de un ancho del material en banda.
- [0115]** En algunos ejemplos, el actuador incluye una pluralidad de actuadores asociados a escalones respectivos de los escalones ajustables, ajustando los actuadores las posiciones de los respectivos escalones ajustables para permitir que cada una de las zonas se coloque entre las posiciones de profundidad de caída graduales.

[0116] En algunos ejemplos, el sensor de presión comprende una pluralidad de sensores de presión acoplados a un actuador respectivo de los actuadores, detectando cada sensor de presión cambios de presión en un fluido de control de su actuador respectivo.

5 **[0117]** En algunos ejemplos, el controlador ajusta la posición de profundidad de caída de cada una de las zonas a la primera de las posiciones de profundidad de caída correspondiente al valor de presión más pequeño.

[0118] La presente invención se ha descrito en términos de modos de realización específicos, que son ilustrativos de la invención y no han de interpretarse como limitativos. Más en general, los expertos en la materia entenderán que la presente invención no está limitada por lo que se ha mostrado y/o se ha descrito de forma particular anteriormente, sino que se define por las reivindicaciones adjuntas.

10 **[0119]** Los números de referencia en las reivindicaciones no limitan su alcance de protección.

[0120] El uso de los verbos «comprender», «incluir», «estar compuesto por» o cualquier otra variante, así como sus respectivas conjugaciones, no excluye la presencia de elementos distintos a los indicados.

[0121] El uso del artículo «un/a» o «el», «la» precediendo a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de dichos elementos.

15

REIVINDICACIONES

1. Método para ajustar una profundidad de caída de una niveladora (402) que comprende:

colocar un material en banda (100, 400) entre un primer rodillo de trabajo (108, 412, 502, 504, 506, 508) y un segundo rodillo de trabajo (108, 412, 502, 504, 506, 508);

ajustar gradualmente, mediante un actuador (620, 622, 712a-f, 714a-f), el primer rodillo de trabajo con respecto al segundo rodillo de trabajo entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales (1202);

medir un valor de presión (1206) en el actuador en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales;

asociar los valores de presión medidos con las correspondientes posiciones de profundidad de caída graduales;

detectar un mínimo relativo (1222) de los valores de presión medidos; e

identificar una primera de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al mínimo relativo de los valores de presión medidos.

2. Método de la reivindicación 1, que comprende además procesar el material en banda en la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales.

3. Método de la reivindicación 2, que comprende además recibir las características de material del material en banda antes de ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo entre las posiciones de profundidad de caída graduales.

4. Método de la reivindicación 3, donde recibir las características del material comprende recibir un valor de anchura (706, 1216) y un valor de grosor (1214) del material en banda.

5. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo comprende ajustar gradualmente una profundidad de caída entre el primer y el segundo rodillo de trabajo mediante un valor gradual preestablecido (1212).

6. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde ajustar gradualmente el primer y el segundo rodillo de trabajo comprende ajustar el primer y el segundo rodillo de trabajo a una posición de profundidad de caída inicial (1204) y ajustar la profundidad de caída inicial mediante un valor gradual preestablecido.

7. Método de la reivindicación 5 o 6, que comprende además colocar el material en banda en la niveladora entre el primer rodillo de trabajo y el segundo rodillo de trabajo antes de ajustar gradualmente las posiciones de profundidad de caída.

8. Método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además visualizar, mediante una interfaz de usuario (1002), las posiciones de profundidad de caída graduales y los valores de presión medidos correspondientes a las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales.

9. Medio tangible legible por ordenador que comprende instrucciones que, al ejecutarse, hacen que una máquina:

ajuste gradualmente, mediante un actuador (620, 622, 712a-f, 714a-f), un primer rodillo de trabajo (108, 412, 502, 504, 506, 508) con respecto a un segundo rodillo de trabajo (108, 412, 502, 504, 506, 508) entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales (1202);

mida un valor de presión (1206) en el actuador en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales;

asocie los valores de presión medidos con las correspondientes posiciones de profundidad de caída graduales;

detecte un mínimo relativo (1222) de los valores de presión medidos; e

identifique una primera de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al mínimo relativo de los valores de presión medidos.

10. Niveladora (402) para acondicionar un material en banda (100, 400), comprendiendo la niveladora:

una primera pluralidad de rodillos de trabajo de entrada (412, 502, 506);

una segunda pluralidad de rodillos de trabajo de entrada (412, 502, 504) soportados por un escalón ajustable (618, 704a-f);

ES 2 726 704 T3

un actuador (620, 622, 712a-f, 714a-f) asociado al escalón ajustable, estando configurado el actuador para ajustar gradualmente una posición del escalón ajustable con el fin de desplazar la segunda pluralidad de rodillos de trabajo de entrada con respecto a la primera pluralidad de rodillos de trabajo de entrada entre una pluralidad de posiciones de profundidad de caída graduales (1202);

un sensor de presión (920a-g) acoplado al actuador y configurado para medir un valor de presión en un fluido de control del actuador cuando el primer y el segundo rodillo de trabajo se colocan en las respectivas posiciones de profundidad de caída graduales,

caracterizada por que la niveladora (402) comprende además un controlador (520) programado con instrucciones configuradas para determinar un mínimo relativo (1222) de los valores de presión medidos y para identificar una primera de las posiciones de profundidad de caída graduales correspondiente al mínimo relativo de los valores de presión medidos.

11. Niveladora de la reivindicación 10, donde el controlador está configurado para ajustar el primer y el segundo rodillo de trabajo a la primera posición identificada de las posiciones de profundidad de caída graduales.

12. Niveladora de la reivindicación 10 u 11, donde el escalón ajustable comprende una pluralidad de escalones ajustables (618, 704a-f) para definir zonas respectivas (802-814) a través de un ancho (706, W) del material en banda.

13. Niveladora de la reivindicación 12, donde el actuador comprende una pluralidad de actuadores (620, 622, 712a-f, 714a-f) asociados a escalones respectivos de los escalones ajustables (618, 704a-f), ajustando los actuadores las posiciones de los respectivos escalones de los escalones ajustables para permitir que cada una de las zonas se coloque entre las posiciones de profundidad de caída graduales.

14. Niveladora de la reivindicación 13, donde el sensor de presión comprende una pluralidad de sensores de presión (920a-g) acoplados a un actuador respectivo de los actuadores, detectando cada sensor de presión cambios de presión en un fluido de control de su actuador respectivo.

15. Niveladora de la reivindicación 14, donde el controlador está configurado para ajustar la posición de profundidad de caída de cada una de las zonas a la primera de las posiciones de profundidad de caída correspondiente al mínimo relativo de los valores de presión medidos.

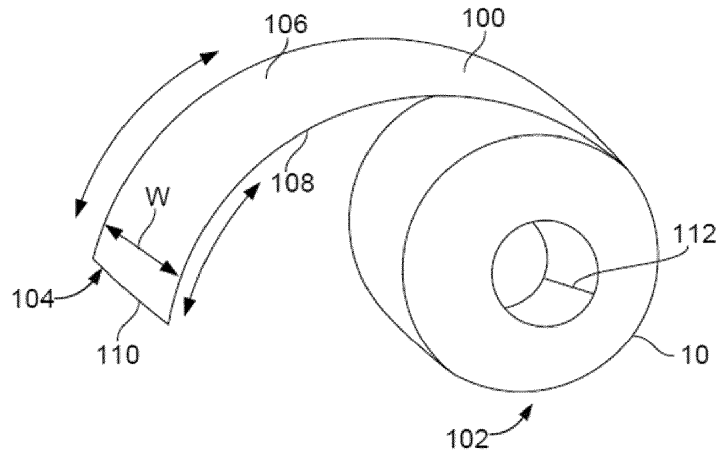


FIG. 1

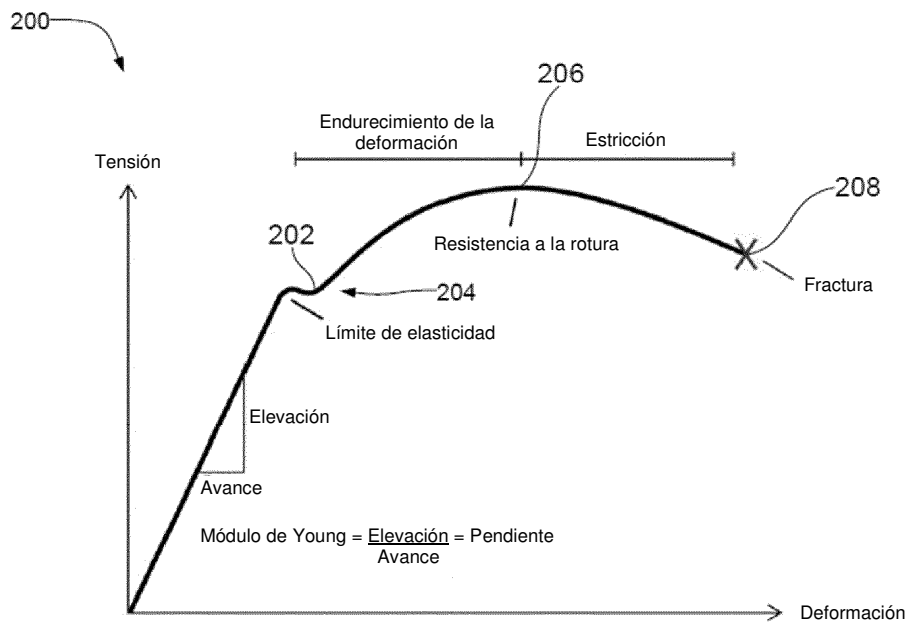


FIG. 2

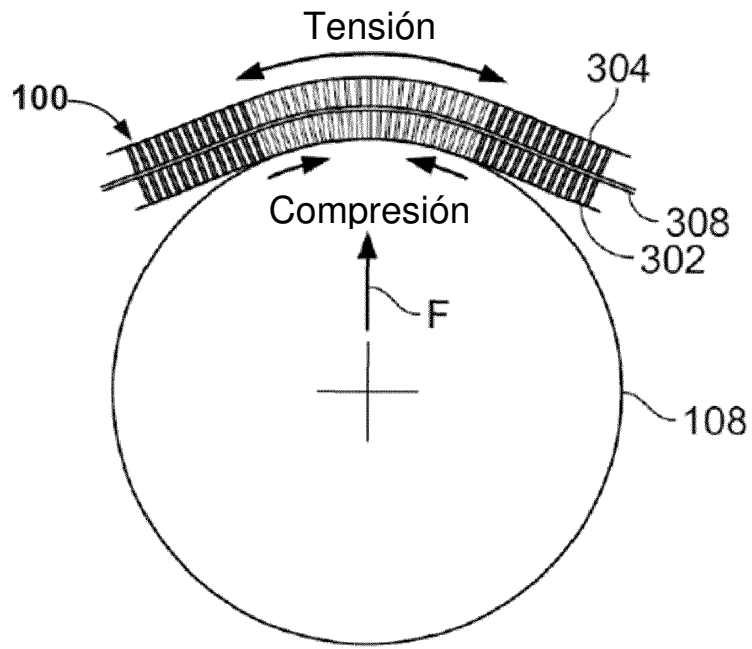


FIG. 3A

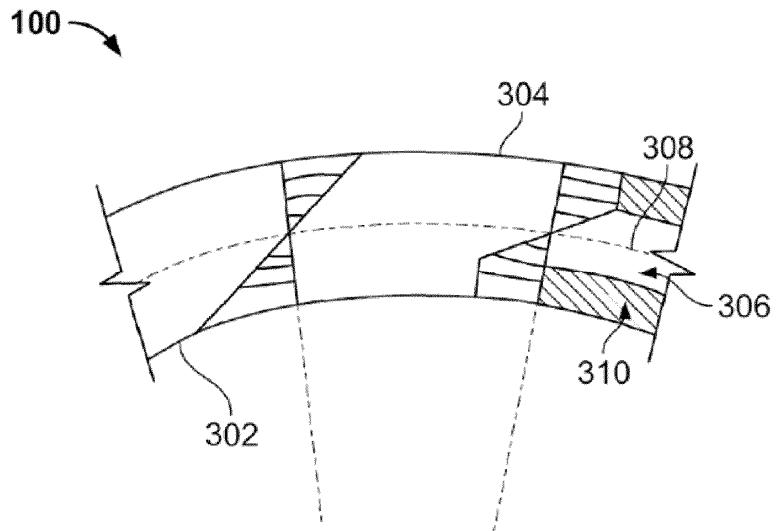
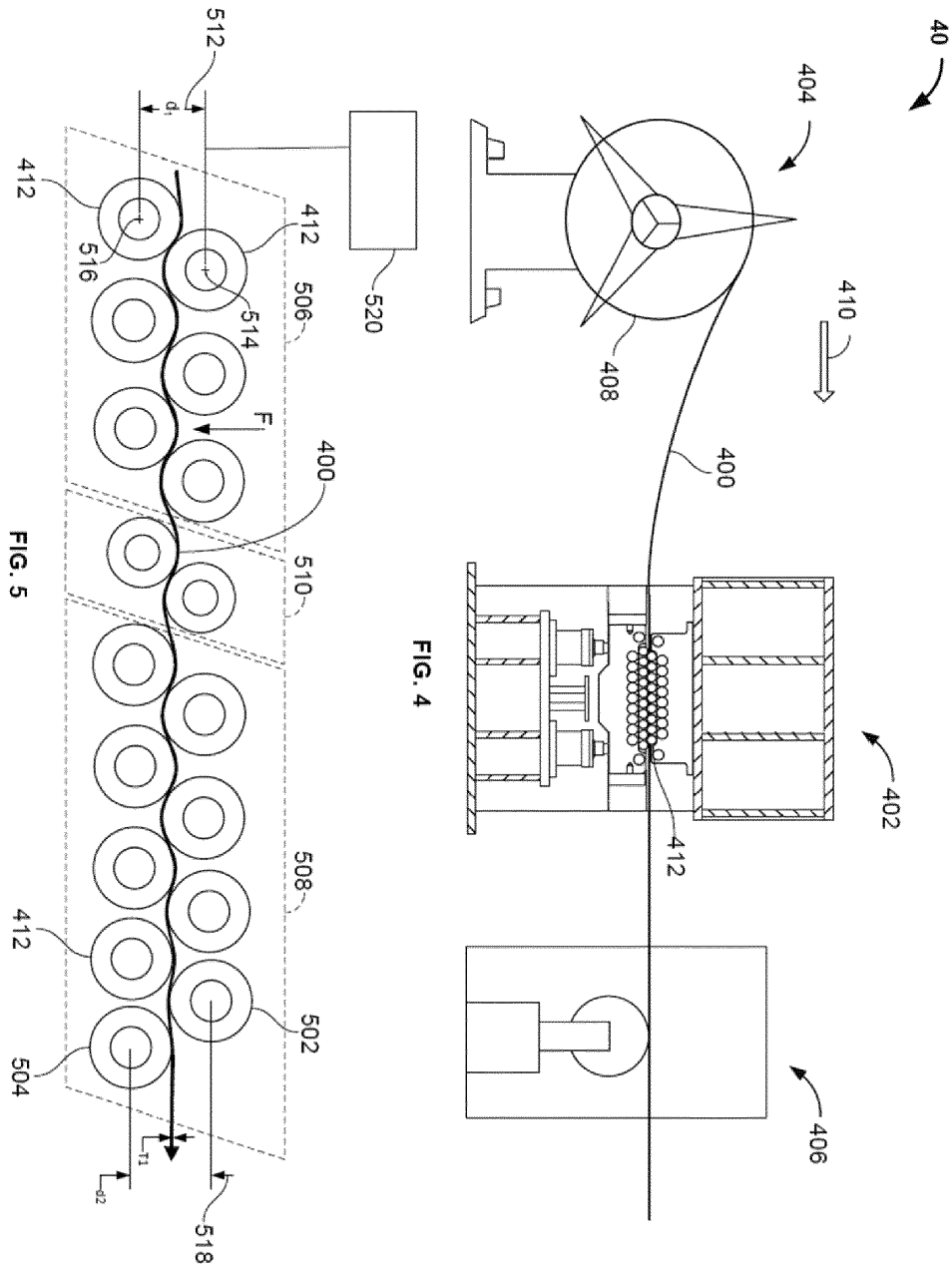


FIG. 3B



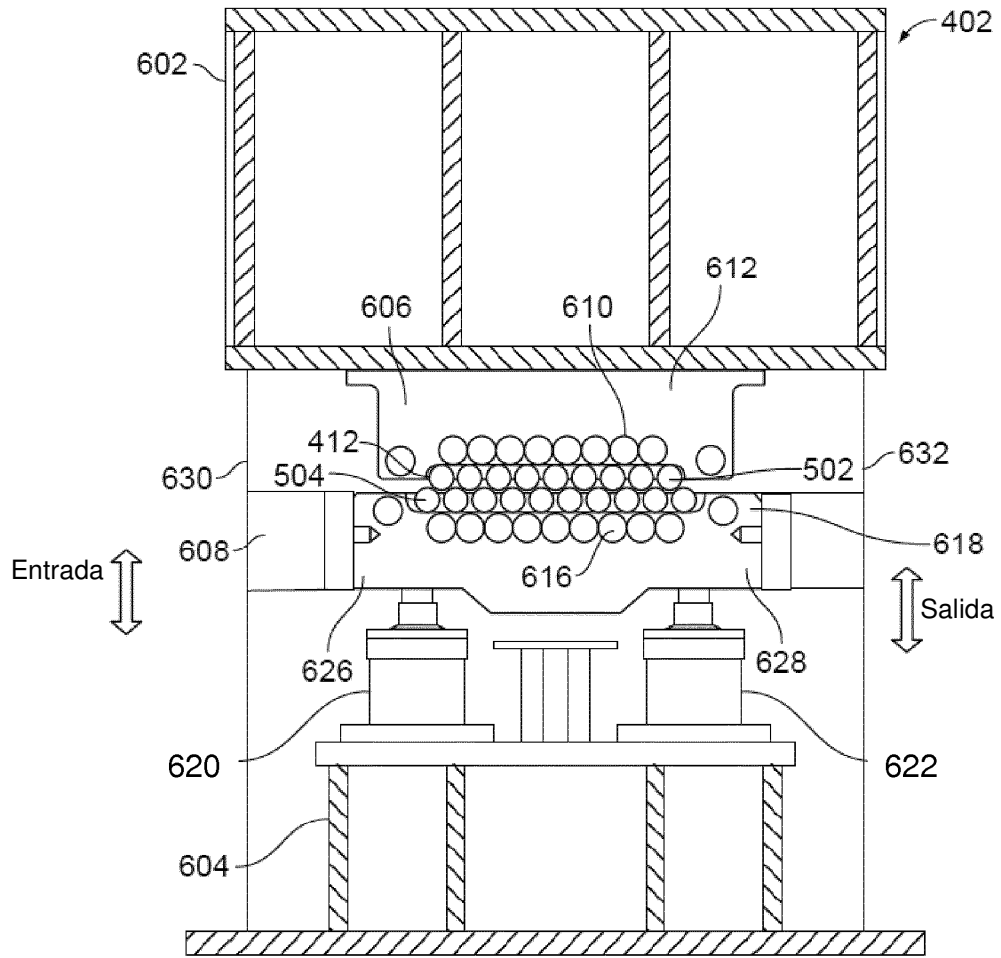
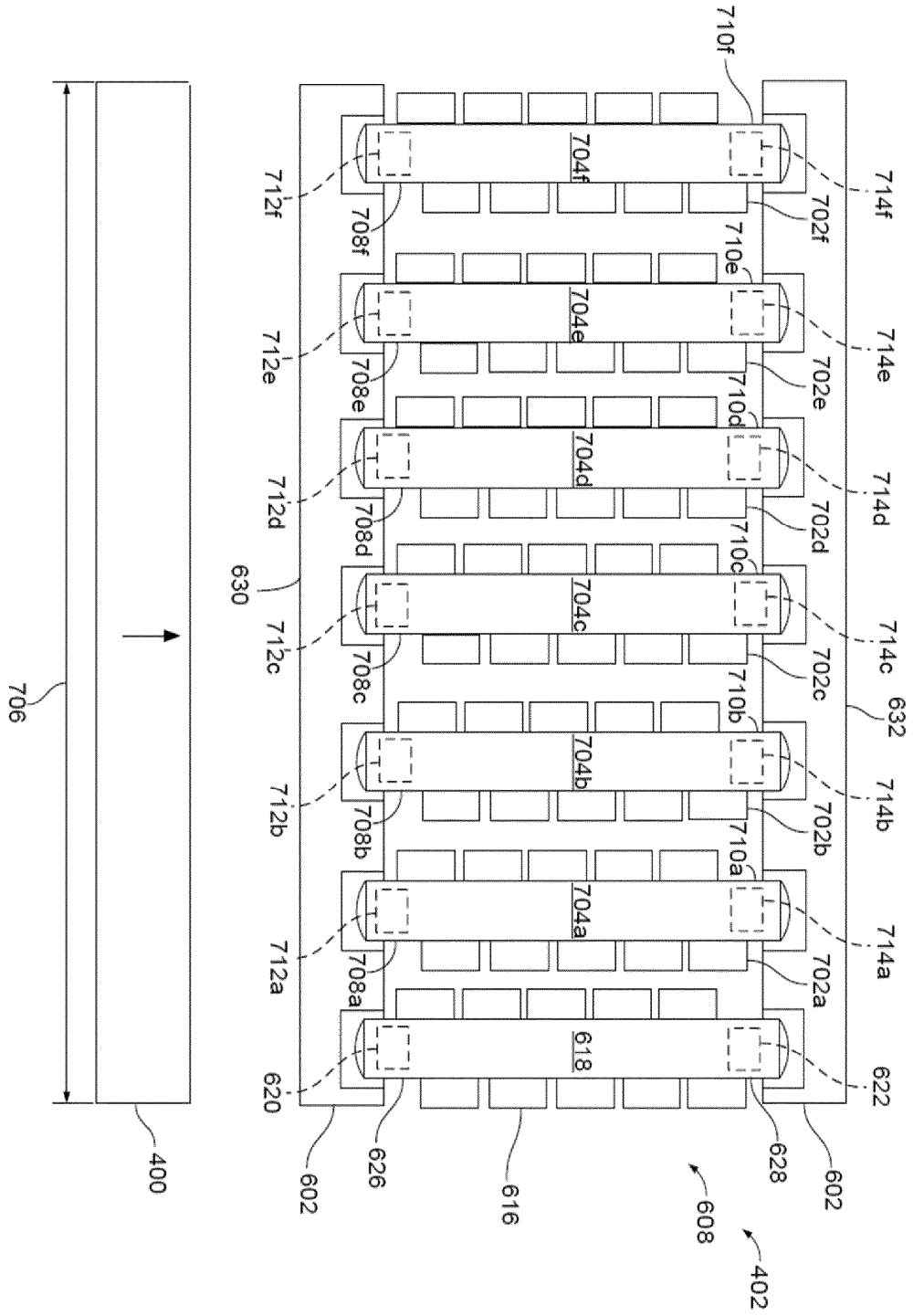


FIG. 6



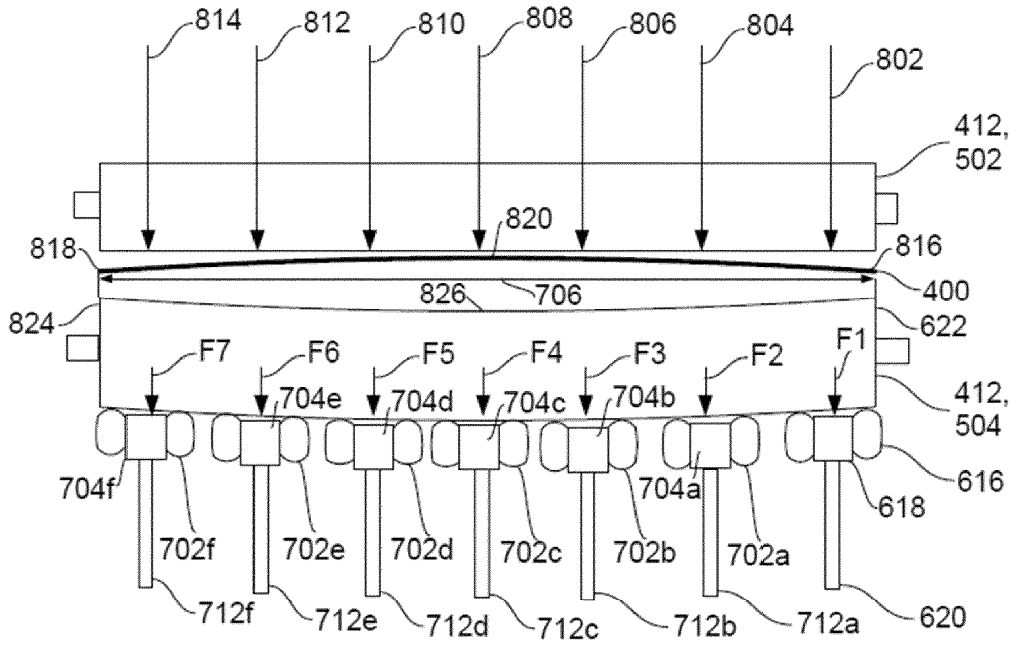


FIG. 8

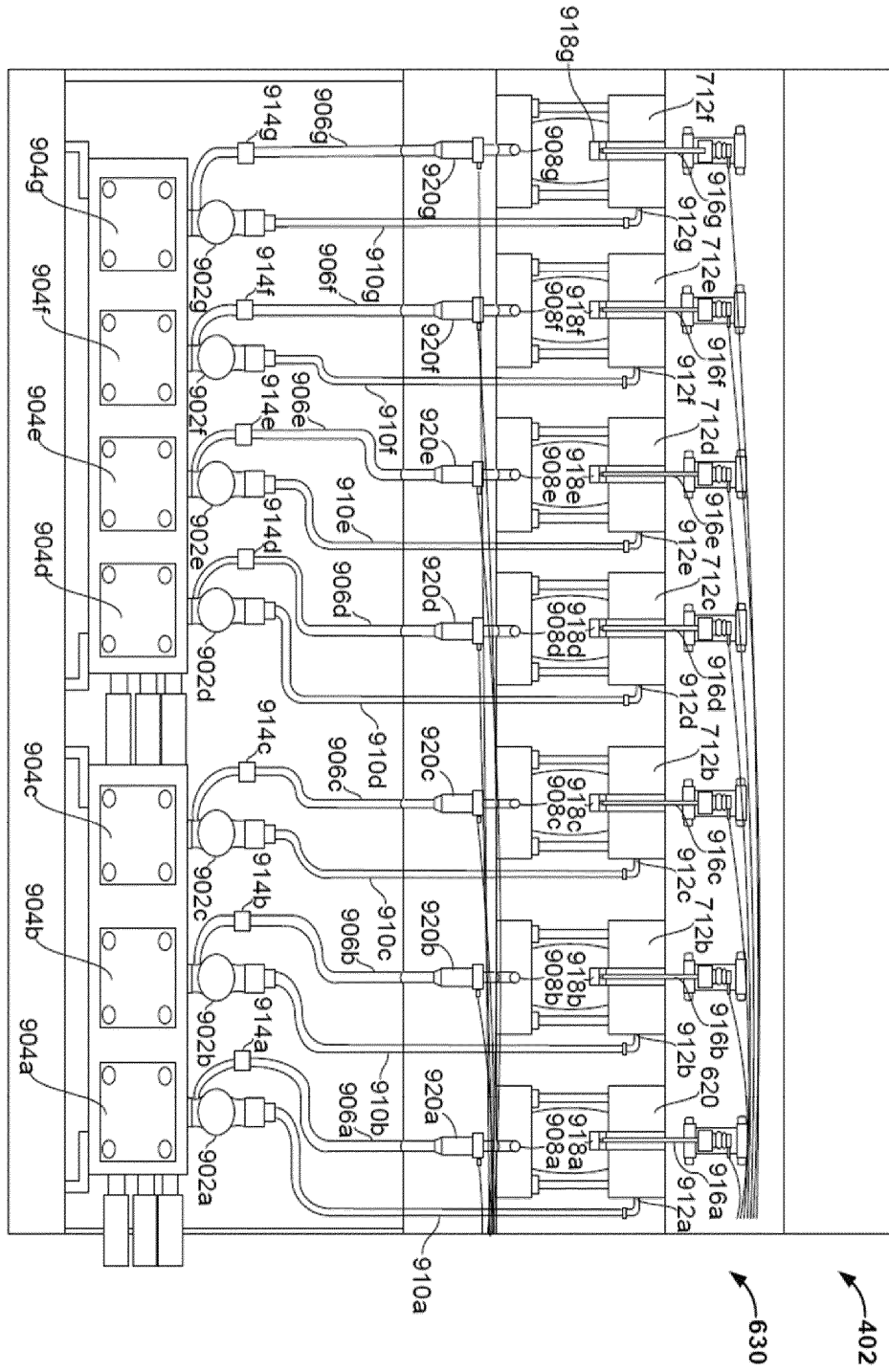


FIG. 9

520

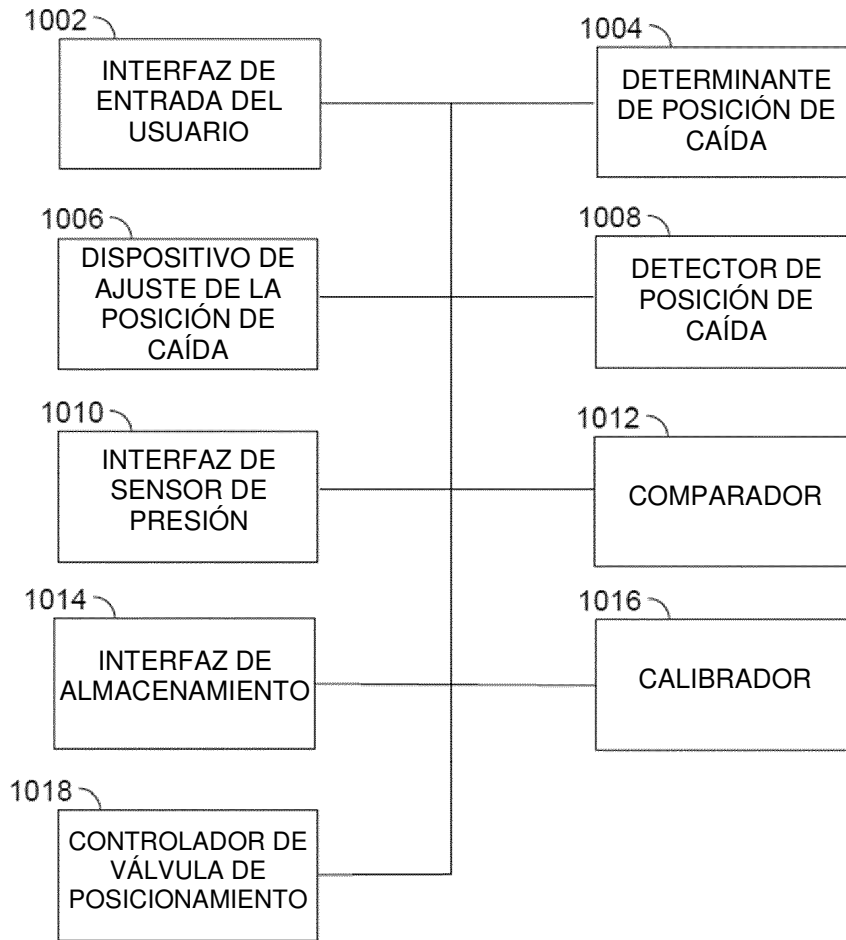


FIG. 10

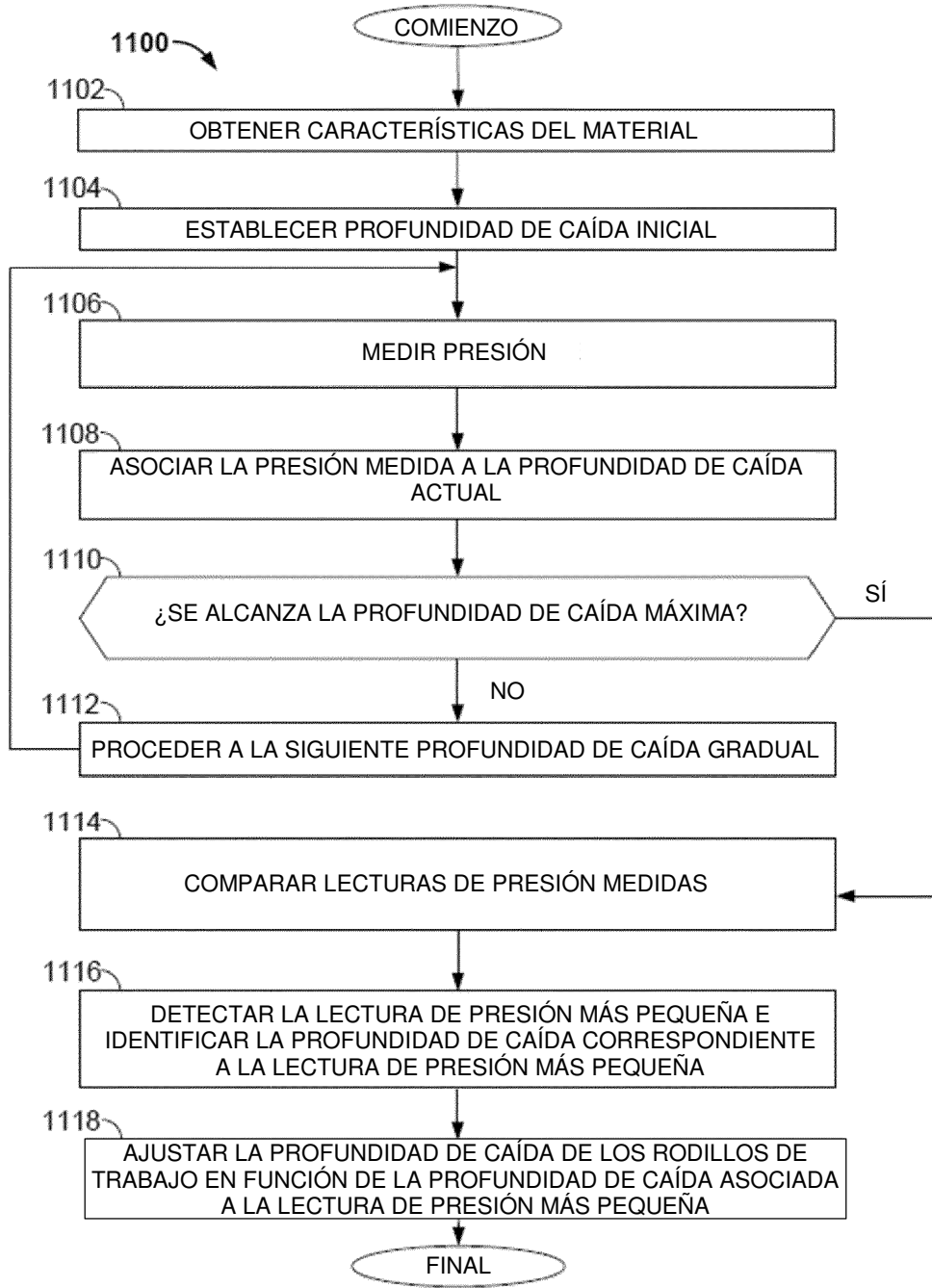


FIG. 11

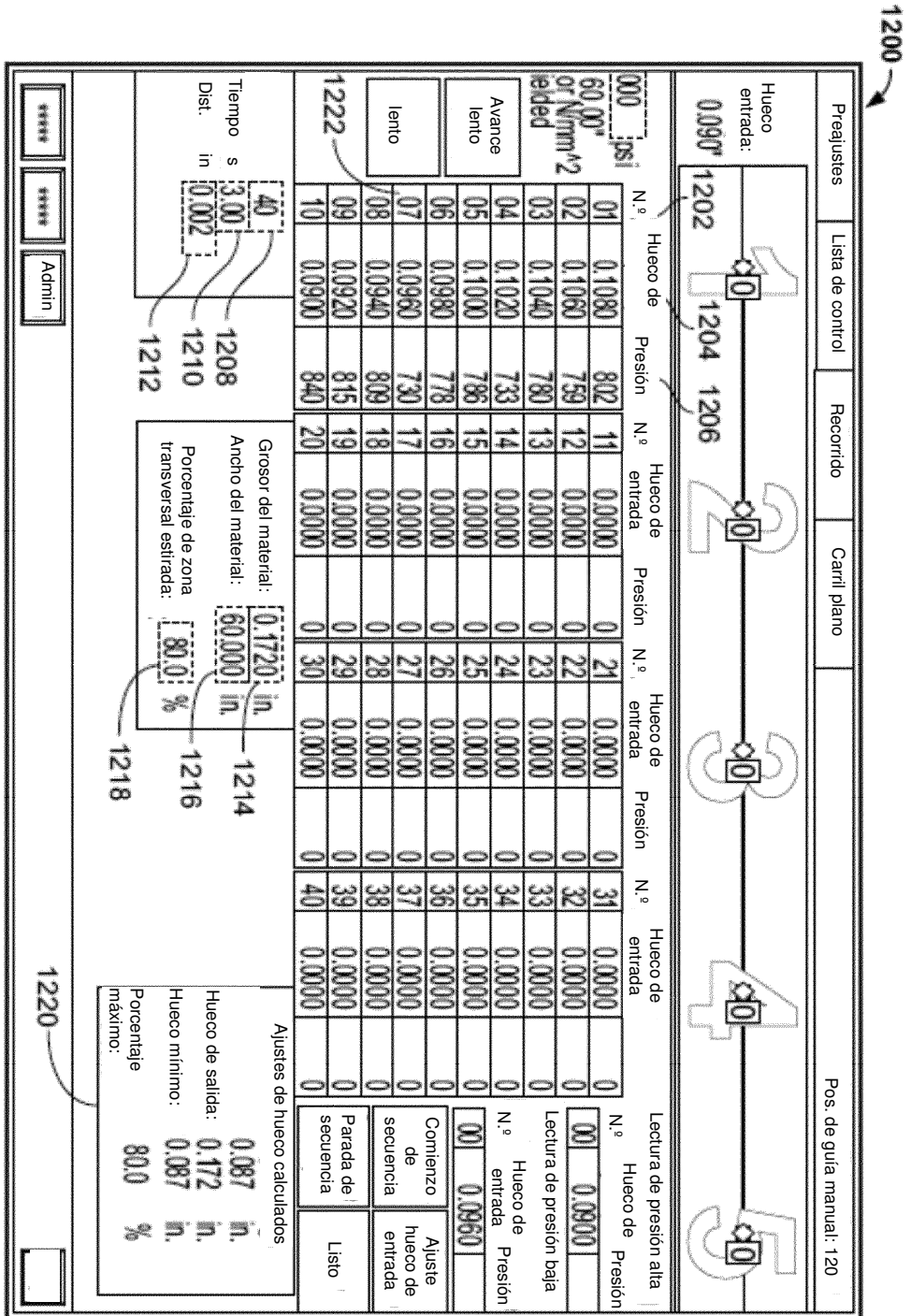


FIG. 12



FIG. 13

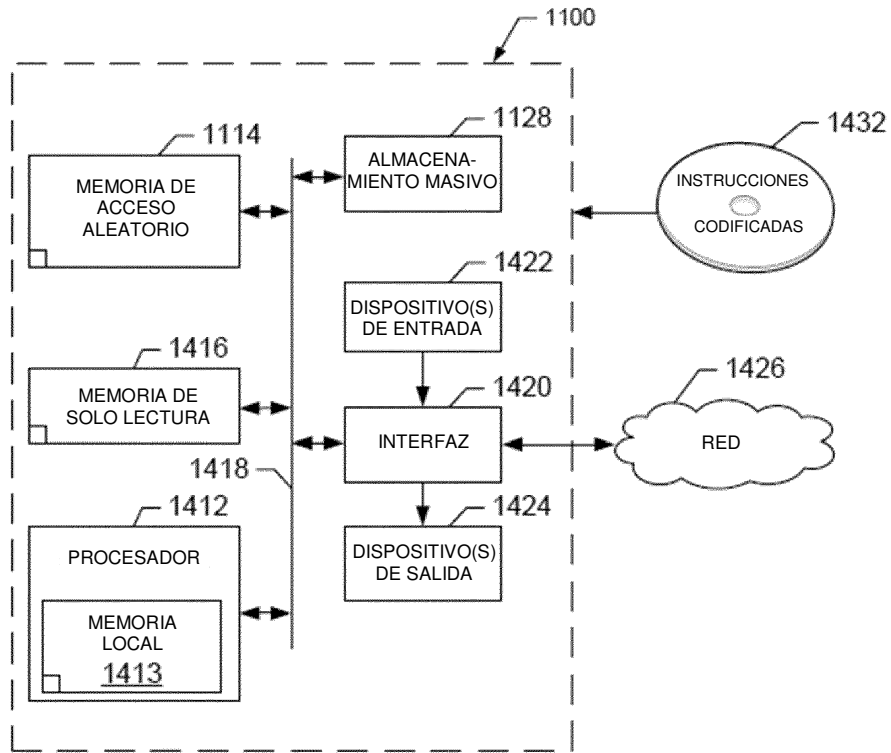


FIG. 14