

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 072**

51 Int. Cl.:

B21D 11/02 (2006.01)

B21D 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2010 PCT/US2010/031985**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2011 WO11065990**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2010 E 10833701 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2506994**

54 Título: **Aparato de conformación por estirado con calentamiento suplementario y método**

30 Prioridad:

30.11.2009 US 627837

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

27.03.2018

73 Titular/es:

**CYRIL BATH COMPANY (100.0%)
1610 Airport Road
Monroe NC 28110, US**

72 Inventor/es:

**POLEN, LARRY, ALEXANDER;
HOUSTON, THOMAS, SANDY y
OWENS, JOHN, E.**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 661 072 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

Aparato de conformación por estirado con calentamiento suplementario y método

5 Campo técnico y antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a componentes metálicos de conformación y, en particular, a un método de conformación por estirado de una pieza a trabajar de acuerdo con la reivindicación 1 y a un aparato de conformación por estirado para conformar una pieza a trabajar de metal alargada de acuerdo con la reivindicación 8, y más específicamente para la conformación por estirado en caliente y la conformación por fluencia del titanio y sus aleaciones mediante la aplicación de un calentamiento suplementario durante las etapas seleccionadas del proceso de conformación por estirado.

El documento US 2007/0102493 A1 desvela un aparato de conformación por estirado que incluye una matriz que tiene una cara de trabajo para recibir y conformar una pieza a trabajar y un calentador de resistencia para calentar la pieza a trabajar a una temperatura de trabajo, sin embargo, no desvela la aplicación selectiva de calor radiante a las partes de la pieza a trabajar.

La conformación por estirado es un proceso bien conocido usado para conformar formas curvas en componentes metálicos pre-estirando una pieza a trabajar hasta su límite de elasticidad mientras se conforma sobre una matriz. Este proceso se usa a menudo para fabricar grandes componentes de aluminio y de aleación de aluminio, y tiene bajos costes de herramientas y una excelente repetibilidad.

El titanio o las aleaciones de titanio se sustituyen por aluminio en ciertos componentes, especialmente aquellos para aplicaciones aeroespaciales. Las razones para hacerlo incluyen la mayor relación resistencia-peso, la mayor resistencia final y la mejor compatibilidad metalúrgica del titanio con los materiales compuestos.

Sin embargo, existen dificultades en la conformación por estirado del titanio a temperatura ambiente debido a que su límite de elasticidad está muy cerca de su resistencia a la tracción final con un valor de alargamiento porcentual mínimo. Por lo tanto, habitualmente, los componentes de titanio se conforman y se mecanizan a golpes a partir de tochos grandes, un proceso costoso y que requiere mucho tiempo. Se sabe cómo aplicar calor a los componentes de titanio durante la conformación por estirado aislando eléctricamente el componente de titanio y, a continuación, calentando el componente haciendo pasar la corriente a través del componente, lo que provoca un calentamiento por resistencia. Sin embargo, hay aplicaciones donde este proceso no es suficiente para lograr el resultado deseado.

En consecuencia, hay una necesidad de un aparato y un método para la conformación por estirado del titanio y sus aleaciones. Se ha determinado que la aplicación de calor radiante al componente por medio de elementos de resistencia próximos proporciona una mejora adicional al proceso de conformación del titanio.

40 Sumario de la invención

En consecuencia, un objeto de la invención es proporcionar un método para conformar por estirado y/o conformar por fluencia el titanio a temperaturas elevadas.

Otro objeto de la invención es proporcionar un aparato para conformar por estirado y/o conformar por fluencia el titanio a temperaturas elevadas.

Otro objeto de la invención es proporcionar un aparato para aplicar calor suplementario a una pieza a trabajar durante un proceso de conformación.

Estos y otros objetos de la invención se logran con un método y un aparato para conformar por estirado una pieza a trabajar de metal, que comprende las etapas de proporcionar una pieza a trabajar de metal de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, respectivamente.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, la pieza a trabajar comprende titanio, y la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar comprende la etapa de aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar opuesto a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar comprende la etapa de aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar generalmente perpendicular a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar comprende la etapa de aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a los lados opuestos de la pieza a trabajar, siendo ambos lados generalmente perpendiculares a un lado de acoplamiento de cara de

trabajo de la pieza a trabajar.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la etapa de hacer pasar la corriente eléctrica a la pieza a trabajar comprende la etapa de hacer pasar la corriente eléctrica a la pieza a trabajar a través de unas mordazas.

5 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el método incluye las etapas de determinar la temperatura óptima de la pieza a trabajar, detectar la temperatura real de la pieza a trabajar, y aplicar suficiente calor radiante a la pieza a trabajar para elevar la temperatura real de la pieza a trabajar hasta la temperatura óptima de la pieza a trabajar.

10 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el método comprende además la etapa de correlacionar la distancia desde la parte de la pieza a trabajar a calentar radiantemente con la energía radiante que se aplica a la pieza a trabajar.

15 El método puede incluir la etapa de conformar por fluencia la pieza a trabajar manteniendo la pieza a trabajar conformada contra la cara de trabajo y a la temperatura de trabajo durante un tiempo de permanencia seleccionado.

El recinto puede tener unas paredes en las que se montan los elementos de calentamiento radiantes para suministrar el calor radiante.

20 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la pieza a trabajar comprende titanio, y el calentador radiante está localizado para aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar opuesto a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar.

25 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el calentador radiante está localizado para aplicar el calor radiante a un lado de la pieza a trabajar generalmente perpendicular a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar.

30 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el calentador radiante está localizado para aplicar el calor radiante a los lados opuestos de la pieza a trabajar, siendo ambos lados generalmente perpendiculares a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar.

El recinto que rodea la matriz puede tener unas paredes interiores en las que se montan los elementos de calentamiento radiantes para suministrar el calor radiante.

35 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el recinto incluye una puerta para obtener acceso a la matriz, y un suelo y un techo, teniendo tanto la puerta como el suelo y el techo, al menos un elemento de calentamiento radiante respectivo montado en los mismos para aplicar calor radiante a la pieza a trabajar.

40 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, tanto la puerta como el suelo y el techo definen zonas de calentamiento separadas, y cada zona de calentamiento incluye al menos un calentador radiante adaptado para suministrar el calor radiante a una velocidad predeterminada independiente de las otras zonas de calentamiento en respuesta a un criterio de entrada de temperatura predeterminado.

45 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, se proporciona al menos un termopar para unirse de manera liberable a la pieza a trabajar y que comunica con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre la temperatura de pieza a trabajar real y óptima.

50 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, al menos un detector de temperatura por infrarrojos se coloca en comunicación óptica con la pieza a trabajar y se comunica con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre la temperatura de pieza a trabajar real y óptima.

55 De acuerdo con otra realización preferida de la invención, la puerta incluye al menos un puerto, y el detector de temperatura por infrarrojos está montado para visualizar ópticamente la pieza a trabajar a través del puerto y en comunicación con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre la temperatura de pieza a trabajar real y óptima.

60 Los sensores de temperatura seleccionados del grupo que consiste en sensores de temperatura por infrarrojos y sensores de temperatura termopares se comunican con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre una temperatura de pieza a trabajar real y óptima. Puede proporcionarse un circuito de bucle servoalimentado para aplicar calor radiante a la pieza, en el que la temperatura óptima de la pieza a trabajar, la temperatura real de la pieza a trabajar y la distancia de la pieza a trabajar del calentador radiante están correlacionadas y se suministra calor suficiente a la pieza a trabajar desde el calentador radiante para mantener la temperatura de la pieza a trabajar a la temperatura óptima sin tener en cuenta la distancia entre la pieza a trabajar y el calentador radiante.

65

Breve descripción de los dibujos

La invención puede entenderse mejor por referencia a la siguiente descripción tomada en relación con las figuras de los dibujos adjuntos en los que:

- 5 la figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de conformación por estirado a modo de ejemplo construido de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;
- la figura 2 es una vista en sección desde arriba de un conjunto de mordazas del aparato de conformación por estirado de la figura 1;
- 10 la figura 3 es una vista en perspectiva de un recinto de matriz que forma parte del aparato mostrado en la figura 1, con una puerta del mismo en una posición abierta;
- la figura 4 es una vista en sección transversal del recinto de matriz mostrado en la figura 3, que muestra la construcción interna del mismo;
- la figura 5 es una vista en planta desde arriba del recinto de matriz de la figura 3;
- 15 la figura 6 es una vista despiezada de una parte del recinto de matriz, que muestra la construcción de una puerta lateral del mismo;
- la figura 7 es una vista en perspectiva del aparato de conformación por estirado mostrado en la figura 1 con una pieza a trabajar cargada en el mismo y lista para conformarse;
- la figura 8 es otra vista en perspectiva del aparato de conformación por estirado con una pieza a trabajar completamente conformada;
- 20 la figura 9A es un diagrama de bloques que ilustra un método de conformación a modo de ejemplo que usa el aparato de conformación por estirado;
- la figura 9B es una continuación del diagrama de bloques de la figura 9A;
- la figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra un diagrama de flujo de proceso a modo de ejemplo de la función de monitorización de retroalimentación de control/temperatura de calentamiento del método de conformación; y
- 25 la figura 11 es una gráfica de tiempo/temperatura que muestra un ciclo de conformación de acuerdo con una realización preferida de la invención.

30 Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia a los dibujos en los que números de referencia idénticos indican los mismos elementos en las diversas vistas, la figura 1 ilustra un aparato de conformación por estirado a modo de ejemplo 10 construido de acuerdo con la presente invención, junto con una pieza a trabajar a modo de ejemplo "W". Como se muestra en la figura 10, la pieza a trabajar a modo de ejemplo "W" es una extrusión con un perfil en sección transversal en forma de L. De acuerdo con la invención puede conformarse por estirado cualquier forma deseada.

La presente invención es adecuada para su uso con diversos tipos de piezas a trabajar, incluyendo, pero sin limitarse a, superficies planas laminadas o formas laminadas, materiales de barra, perfiles conformados por plegadora, perfiles extruidos, perfiles mecanizados, y similares. La presente invención es especialmente útil para piezas a trabajar que tienen perfiles de sección transversal no rectangulares, y para piezas a trabajar que tienen perfiles de sección transversal con relaciones de aspecto de aproximadamente 20 o menos. Como se muestra en la figura 10, la relación de aspecto es la relación de las longitudes "L1" y "L2" de una caja rectangular "B" que rodea las extensiones exteriores del perfil de sección transversal. Por supuesto, la forma de sección transversal y la relación de aspecto no pretenden ser limitantes, y se proporcionan solo a modo de ejemplo.

El aparato 10 incluye un bastidor principal sustancialmente rígido 12 que define una superficie de montaje de matriz 14 y soporta los componentes operativos principales del aparato 10. Unos brazos oscilantes opuestos primero y segundo 16A y 16B se montan de manera pivotante en el bastidor principal 12 y se acoplan a unos cilindros de conformación hidráulicos 18A y 18B, respectivamente. Los brazos oscilantes 16A y 16B llevan unos cilindros de tensión hidráulicos 20A y 20B que, a su vez, tienen unos conjuntos de mordazas accionables hidráulicamente 22A y 22B montados en los mismos. Los cilindros de tensión 20 pueden unirse a los brazos oscilantes 16 en una orientación fija, o pueden hacerse pivotar en relación con los brazos oscilantes 16 alrededor de un eje vertical. Un recinto de matriz 24, descrito con más detalle a continuación, se monta en la superficie de montaje de matriz 14 entre los conjuntos de mordazas 22A y 22B.

Se proporcionan bombas, válvulas, y componentes de control adecuados (no mostrados) para suministrar un fluido hidráulico a presión a los cilindros de conformación 18, los cilindros de tensión 20, y los conjuntos de mordazas 22. Como alternativa, los componentes hidráulicos descritos anteriormente podrían sustituirse por otros tipos de accionadores, tales como dispositivos eléctricos o electromecánicos. El control y la secuenciación del aparato 10 pueden ser manuales o automáticos, por ejemplo, mediante un ordenador de tipo PLC o PC.

Los principios de la presente invención son igualmente adecuados para su uso con todo tipo de conformadores de estirado, en los que una pieza a trabajar y una matriz se mueven una con respecto a otra para crear una acción de conformación. Dichos tipos de conformadores conocidos pueden tener matrices fijas o móviles y pueden orientarse horizontal o verticalmente.

La figura 2 ilustra la construcción del conjunto de mordazas 22A, que es representativo del otro conjunto de mordazas 22B. El conjunto de mordazas 22A incluye unas mordazas separadas 26 adaptadas para sujetar un extremo de una pieza a trabajar "W" y montadas entre unas pinzas en forma de cuña 28, que están dispuestas dentro de un bastidor anular 30. Un cilindro hidráulico 32 está dispuesto para aplicar una fuerza axial sobre las mordazas 26 y las pinzas 28, haciendo que las pinzas 28 sujeten firmemente las mordazas 26 contra la pieza a trabajar "W". El conjunto de mordazas 22A, o la mayor parte del mismo, está aislado eléctricamente de la pieza a trabajar "W". Esto puede lograrse aplicando una capa o recubrimiento aislante, tal como un recubrimiento de tipo óxido, a las mordazas 26, las pinzas 28, o ambas. Si se aplica un recubrimiento 34 por todas las mordazas 26, incluyendo sus caras 36, entonces el conjunto de mordazas 22A estará completamente aislado. Si se desea aplicar una corriente de calentamiento a través de las mordazas 26, entonces sus caras 36 se dejarán desnudas y se proveerían con conexiones eléctricas adecuadas. Como alternativa, las mordazas 26 o las pinzas 28 podrían construirse a partir de un material aislado, como se describe a continuación con respecto a la matriz 58, tal como un material cerámico. Las mordazas 26 y las pinzas 28 pueden instalarse usando unos elementos de fijación aislantes 59 para evitar cualquier vía de fuga eléctrica o térmica al resto del conjunto de mordazas 22A.

Haciendo referencia ahora también a las figuras 3-5, el recinto de matriz 24 es una estructura similar a una caja que tiene unas paredes superior e inferior 38 y 40, una pared trasera 42, unas paredes laterales 44A y 44B, y una puerta delantera 46 que puede oscilar desde una posición abierta, mostrada en las figuras 1 y 3, a una posición cerrada mostrada en las figuras 7 y 8. La forma y las dimensiones específicas variarán, por supuesto, dependiendo del tamaño y las proporciones de las piezas a trabajar a conformar. El recinto de matriz 24 se fabrica de un material tal como el acero, y se construye, en general, para minimizar la fuga de aire y la radiación térmica de la pieza a trabajar "W". El recinto de matriz 24 puede aislarse térmicamente, si se desea.

Una matriz 58 está dispuesta dentro del recinto de matriz 24. La matriz 58 es un cuerpo relativamente masivo con una cara de trabajo 60 que está conformada de manera que se confiere una curva o perfil seleccionado a la pieza a trabajar "W", a medida que se dobla alrededor de la matriz 58. La sección transversal de la cara de trabajo 60 se adapta, en general, a la forma de sección transversal de la pieza a trabajar "W", y puede incluir un rebaje 62 para alojar las partes salientes de la pieza a trabajar "W", tales como pestañas o carriles. Si se desea, puede calentarse la matriz 58 o una parte de la misma. Por ejemplo, la cara de trabajo 62 de la matriz 58 puede fabricarse de una capa de acero u otro material térmicamente conductor que puede adaptarse al calentamiento por resistencia eléctrica.

Como se muestra mejor en las figuras 3 y 4, la puerta 46 incluye unas bobinas de resistencia 49A, 49B. Las bobinas 49A, 49B están parcialmente integradas en una capa aislante interior 70, tal como un material cerámico y, cuando la puerta está cerrada y el aparato de conformación por estirado 10 está en funcionamiento, las bobinas 49A, 49B se calientan de manera resistiva a una temperatura suficiente para proyectar calor radiante suplementario sobre la pieza a trabajar "W", como se describe con más detalle a continuación.

Haciendo referencia ahora a las figuras 3 y 5, las paredes superior e inferior 38 y 40 incluyen unos insertos de techo y de suelo cerámicos respectivos 72, 74 en los que se integran parcialmente unos conjuntos de bobinas de resistencia 72A-72F y 74A-74F. Como puede verse, los insertos de techo y de suelo 72, 74 están conformados para alojarse en el recinto 24 entre la puerta 46 y la cara de trabajo 60 de la matriz 58. Por razones de claridad, las bobinas 72A-72F en el inserto de techo 72 se muestran en líneas de trazos, y están orientadas hacia abajo en el recinto e irradian calor al recinto hacia las bobinas 74A-74F del inserto de suelo 74.

Preferentemente, las bobinas 72A-72F y 74A-74F se controlan de manera independiente para irradiar cantidades precisas y variables de calor de modo que, conjuntamente con las bobinas de resistencia 49A, 49B en la puerta 46, pueden calentarse áreas predeterminadas de la pieza a trabajar "W" a una temperatura precisa independientemente de la temperatura de otras áreas de la pieza a trabajar "W". Por ejemplo, pueden ponerse en funcionamiento las bobinas 72A, 72E y 74A, 74E, o puede suministrarse corriente adicional, a medida que la "W" se conforma alrededor de la matriz 58 y se mueve bajo esas bobinas. De manera similar, la corriente que fluye hacia las bobinas 49A, 49B puede aumentarse a medida que los extremos de la pieza a trabajar "W" se alejan de la puerta 46 durante la conformación con el fin de proyectar más calor radiante sobre los extremos de la pieza a trabajar "W" y mantenerlos a la temperatura deseada. Preferentemente, estas condiciones se controlan por un bucle servoalimentado y la temperatura de la pieza a trabajar "W" puede determinarse en tiempo real proporcionando los puertos 80A-80D en la puerta 46 a través de los que los detectores de temperatura por infrarrojos (no mostrados) montados fuera de la puerta 46 detectan la temperatura de la pieza a trabajar "W" y transmiten esa información al controlador. Además de o alternativamente a los detectores por infrarrojos, uno o más termopares pueden unirse físicamente a la pieza a trabajar "W" en las localizaciones deseadas para determinar la temperatura de la pieza a trabajar "W" en esas localizaciones. Pueden usarse procedimientos de interpolación o promediado para llegar a un perfil preciso de temperatura y a variaciones de temperatura repetibles necesarias para lograr formas de pieza a trabajar "W" repetibles con precisión.

La figura 6 ilustra una de las paredes laterales 44A, que es representativa de la otra pared lateral 44B, con más detalle. La pared lateral 44A comprende un panel estacionario 48A que define una abertura lateral relativamente grande 50A. Una puerta lateral 52A se monta en el panel estacionario 48A, por ejemplo, con unas fijaciones en Z 54A, de manera que pueda deslizarse hacia delante y hacia atrás con la pieza a trabajar "W" durante un proceso de

conformación a la vez que mantiene un contacto estrecho con el panel estacionario 48A. La puerta lateral 52A tiene una abertura de pieza a trabajar 56A formada a través de la misma que es sustancialmente más pequeña que la abertura lateral 50A, y de manera ideal es justo lo suficientemente grande como para permitir que una pieza a trabajar "W" pase a través de la misma. Otras estructuras que sean capaces de permitir el movimiento de los extremos de la pieza a trabajar a la vez que minimizar la exposición de la pieza a trabajar pueden sustituir a las paredes laterales 44 sin afectar al principio básico del recinto de matriz 24.

Durante la operación de conformación por estirado, la pieza a trabajar "W" se calentará a temperaturas de entre 480 °C (900 °F) a 700 °C. (1300 °F) o superiores. Por lo tanto, la matriz 58 se construye de un material o combinación de materiales que están aislados térmicamente. Las características clave de estos materiales son que resisten el calentamiento impuesto por el contacto con la pieza a trabajar "W", permanecen dimensionalmente estables a altas temperaturas, y minimizan la transferencia de calor desde la pieza a trabajar "W". También se prefiere que la matriz 58 sea un aislante eléctrico de manera que la corriente de calentamiento por resistencia de la pieza a trabajar "W" no fluya hacia la matriz 58. En el ejemplo ilustrado, la matriz 58 se construye a partir de múltiples piezas de un material cerámico, tal como sílice fundida. La matriz 58 también puede fabricarse de otros materiales refractarios, o de materiales no aislantes que posteriormente se recubren o se revisten por una capa aislante.

Debido a que la pieza a trabajar "W" está aislada eléctricamente del aparato de conformación por estirado 10, la pieza a trabajar "W" puede calentarse usando un calentamiento por resistencia eléctrica. Puede colocarse un conector 64 (véase la figura 7) de una fuente de corriente en cada extremo de la pieza a trabajar "W". Como alternativa, la conexión de corriente de calentamiento puede realizarse directamente a través de las mordazas 26, como se ha descrito anteriormente. Mediante el uso de detectores termopares o por infrarrojos, la fuente de corriente puede controlarse por PLC usando una señal de retroalimentación de temperatura. Esto permitirá velocidades de rampa adecuadas para un calentamiento rápido pero uniforme, así como también permitirá el retraso de la corriente una vez que la pieza a trabajar "W" alcance la temperatura objetivo. Puede proporcionarse un bucle de control PID de un tipo conocido para permitir que se realicen ajustes automáticamente a medida que la temperatura de la pieza a trabajar varía durante el ciclo de conformación. Este control puede estar activo y programarse durante el ciclo de conformación.

Un proceso de conformación a modo de ejemplo que usa el aparato de conformación por estirado 10 se describe con referencia a las figuras 7 y 8, y el diagrama de bloques contenido en las figuras 9A y 9B. En primer lugar, en el bloque 68, la pieza a trabajar "W" se carga en el recinto de matriz 24, con sus extremos sobresaliendo de las aberturas de pieza a trabajar 56, y se cierra la puerta delantera 46. Las puertas laterales 52 están en su posición más adelantada. Esta condición se muestra en la figura 7. Como se ha indicado anteriormente, el proceso es especialmente útil para piezas a trabajar "W" que están fabricadas de titanio o aleaciones del mismo. Sin embargo, también puede usarse con otros materiales donde se desea una conformación en caliente. Ciertos perfiles de piezas a trabajar requieren el uso de piezas de refuerzo flexibles o "serpientes" para evitar que la sección transversal de la pieza a trabajar se distorsione durante el ciclo de formación. En esta aplicación, las serpientes utilizadas estarían fabricadas de un material aislante flexible a alta temperatura donde sea práctico. Si fuera necesario, las serpientes podrían fabricarse de materiales calentados a alta temperatura para evitar la pérdida de calor de la pieza a trabajar "W".

Cualquier conexión a los termopares o dispositivos de retroalimentación adicionales para el sistema de control se conecta durante esta etapa. Una vez dentro del recinto de matriz 24, los extremos de la pieza a trabajar "W" se colocan en las mordazas 26 y se cierran las mordazas 26, en el bloque 70. Si van a usarse conexiones de calentamiento eléctrico separadas 64, se unen a la pieza a trabajar "W", usando una pasta térmica y eléctricamente conductora, según se requiera, para lograr un buen contacto.

En el bucle mostrado en los bloques 72 y 74, se hace pasar la corriente a través de la pieza a trabajar "W", provocando un calentamiento por resistencia de la misma. El calentamiento controlado por bucle cerrado de la pieza a trabajar "W" continúa utilizando la retroalimentación de los termopares u otros sensores de temperatura hasta alcanzar el punto de referencia de temperatura de trabajo deseado. La velocidad de calentamiento de la pieza a trabajar hasta el punto de referencia se determina teniendo en cuenta la sección transversal y la longitud de la pieza a trabajar, así como la retroalimentación de los termopares.

Una vez se ha alcanzado la temperatura de trabajo, puede empezar la conformación de la pieza a trabajar. Hasta que se alcance ese punto de referencia, continúa el calentamiento de bucle cerrado de la pieza a trabajar "W".

En el bucle mostrado en los bloques 76 y 78, los cilindros de tensión 20 estiran la pieza a trabajar "W" longitudinalmente hasta el punto deseado, y los cilindros principales 18 hacen pivotar los brazos oscilantes 16 hacia dentro para envolver la pieza a trabajar "W" contra la matriz 58 mientras que la temperatura de trabajo se controla según sea necesario. Las puertas laterales 52 se deslizan hacia atrás para adaptarse al movimiento de los extremos de la pieza a trabajar. Esta condición se ilustra en la figura 8. Las velocidades de estiramiento, los tiempos de permanencia en diversas posiciones y los cambios de temperatura pueden controlarse a través de una retroalimentación del sistema de control durante el proceso de conformación. Una vez que la retroalimentación de posición de los brazos oscilantes 16 indica que la pieza a trabajar "W" ha llegado a su posición final, el control

mantiene la posición y/o la fuerza de tensión hasta que la pieza a trabajar "W" esté lista para liberarse. Hasta que se alcance ese punto de referencia, el control continuará calentando y conformando la pieza a trabajar "W" alrededor de la matriz. Puede provocarse una conformación por fluencia manteniendo la pieza a trabajar "W" contra la matriz 58 durante un tiempo de permanencia seleccionado mientras se controla la temperatura según sea necesario.

5 En el bucle mostrado en los bloques 80 y 82, la pieza a trabajar "W" se deja enfriar a una velocidad más lenta que el enfriamiento natural añadiendo calor suplementario a través de la fuente de corriente. Esta velocidad de reducción de temperatura está programada y permitirá que la pieza a trabajar "W" se enfríe mientras se monitoriza a través de la retroalimentación de temperatura.

10 Una vez que la temperatura ha alcanzado su punto de referencia final, se libera la fuerza sobre la pieza a trabajar "W" y se detiene el flujo de corriente procedente de la fuente de corriente. Hasta que se alcance ese punto de referencia final, el control mantendrá el suficiente calentamiento por bucle cerrado para continuar enfriando la pieza a trabajar "W" a la velocidad especificada.

15 Después de retirar la fuerza de la pieza a trabajar "W", pueden abrirse las mordazas 26 y retirarse las sujeciones eléctricas (bloque 84). Después de abrir las mordazas 26 y retirar los conectores eléctricos 64, puede abrirse el recinto de matriz 24 y retirarse la pieza a trabajar "W". La pieza a trabajar "W" está entonces lista para etapas de procesamiento adicionales tales como el mecanizado, el tratamiento térmico, y similares.

20 El proceso descrito anteriormente permite lograr los beneficios de la conformación por estirado y la conformación por fluencia, incluyendo unas herramientas económicas y una buena repetibilidad, con componentes de titanio. Esto reducirá significativamente el tiempo y el gasto implicados en comparación con otros métodos de conformación de piezas de titanio. Además, el aislamiento de la pieza a trabajar del entorno exterior fomenta el calentamiento uniforme y minimiza la pérdida de calor hacia el entorno, reduciendo de este modo los requisitos energéticos generales. Además, el uso del recinto de matriz 24 mejora la seguridad al proteger a los trabajadores del contacto con la pieza a trabajar "W" durante el ciclo.

25 Como se muestra gráficamente en la figura 11, tanto la conformación como la conformación por fluencia se producen a la temperatura máxima. En un proceso de conformación habitual, la etapa de precalentamiento puede lograrse en aproximadamente 20 minutos, seguida de la etapa de conformación primaria, que lleva aproximadamente 3 minutos. La conformación por fluencia puede llevar aproximadamente 10 minutos, seguida de una etapa de enfriamiento controlado de aproximadamente 1 hora, etapa durante la que se deja enfriar lentamente la pieza. A continuación, el enfriamiento a temperatura ambiente se produce de manera natural.

30 Anteriormente, se han descrito un aparato y un método para la conformación por estirado de titanio. Pueden cambiarse diversos detalles de la invención sin alejarse de su alcance que se define en las reivindicaciones adjuntas, por lo que la descripción anterior de la realización preferida de la invención y el mejor modo de poner en práctica la invención se proporcionan solo con fines de ilustración.

40

REIVINDICACIONES

1. (Actualmente modificada) Un método de conformación por estirado de una pieza a trabajar de metal (W), que comprende:

5 proporcionar un recinto de aislamiento térmico (24) que incluye unas aberturas de pieza a trabajar alineadas y opuestas primera y segunda (50A y 56A) en unas paredes laterales separadas primera y segunda respectivas (44A y 44B) del recinto (24) entre las que una matriz (58) con una cara de trabajo (60) que tiene un perfil de sección transversal predeterminado está colocada para recibir la pieza a trabajar (W), en el que al menos la cara de trabajo (60) comprende un material térmicamente aislado;

10 proporcionar unas mordazas opuestas primera y segunda (22A y 22B) montadas en unos brazos oscilantes opuestos primero y segundo respectivos (16A y 16B);

proporcionar un calentador (26 o 64) para el calentamiento por resistencia eléctrica de la pieza a trabajar (W) a una temperatura de trabajo;

15 proporcionar un calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F y 74A-74F) para aplicar calor radiante a una o más partes predeterminadas de la pieza a trabajar (W) para aumentar el alargamiento plástico de la pieza a trabajar (W) en la una o más partes predeterminadas;

colocar la pieza a trabajar en el recinto (24) en forma próxima a la cara de trabajo (60) de la matriz (58) con sus extremos opuestos extendiéndose a través de unas respectivas de las aberturas primera y segunda (50A y 56A)

20 en las paredes laterales (44A y 44B) del recinto (24);

aislar eléctricamente la pieza a trabajar (W);

sujetar la pieza a trabajar (W) en las mordazas (22A y 22B) en sus extremos opuestos;

calentar por resistencia la pieza a trabajar (W) a una temperatura de trabajo haciendo pasar corriente eléctrica a través de la pieza a trabajar (W);

25 mover la pieza a trabajar (W) y la cara de trabajo (60) de la matriz (58) una con respecto a otra, mientras que la pieza a trabajar (W) está a la temperatura de trabajo, conformando de este modo la pieza a trabajar (W) contra la cara de trabajo (60) de la matriz (58) en una forma preseleccionada;

aplicar, en una o más posiciones predeterminadas de la pieza a trabajar (W) en relación con la matriz (58), calor radiante a una o más partes predeterminadas de la pieza a trabajar (W) para aumentar el alargamiento plástico

30 de la pieza a trabajar (W) en la una o más partes predeterminadas; y

enfriar la pieza a trabajar (W) mientras que la pieza a trabajar está en la forma preseleccionada contra la cara de trabajo (60) de la matriz (58).

35 2. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar (W) comprende aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar (W) opuesto a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W).

40 3. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar (W) comprende la etapa de aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar (W) generalmente perpendicular a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W).

45 4. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de aplicar calor radiante a la pieza a trabajar (W) comprende la etapa de aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a los lados opuestos de la pieza a trabajar (W), siendo ambos lados generalmente perpendiculares a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W).

50 5. El método de la reivindicación 1, que comprende además determinar la temperatura óptima de la pieza a trabajar (W), detectar la temperatura real de la pieza a trabajar (W), y aplicar suficiente calor radiante a la pieza a trabajar (W) para elevar la temperatura real de la pieza a trabajar (W) hasta la temperatura óptima de la pieza a trabajar (W).

6. El método de la reivindicación 1, y que comprende además la etapa de correlacionar la distancia de la parte de la pieza a trabajar (W) a calentar radiantemente con la energía radiante que se aplica a la pieza a trabajar (W).

55 7. El método de la reivindicación 1, en el que se calienta la cara de trabajo (60) de la matriz (58).

8. (Actualmente modificada) Un aparato de conformación por estirado para conformar una pieza a trabajar de metal alargada (W), que comprende:

60 una matriz (58) que tiene una cara de trabajo (60) que tiene un perfil de sección transversal predeterminado adaptado para recibir y conformar la pieza a trabajar (W), en el que al menos la cara de trabajo (60) comprende un material aislado térmicamente;

un recinto de aislamiento térmico (24) que incluye unas aberturas de pieza a trabajar alineadas y opuestas primera y segunda (50A y 56A) en unas paredes laterales separadas primera y segunda respectivas (44A y 44B) del recinto (24) entre las que está colocada la matriz (58), estando las aberturas (50A y 56A) estructuradas de manera que los extremos de la pieza a trabajar se extienden a través de las aberturas (50A y 56A) cuando la

65 pieza a trabajar (W) se coloca dentro del recinto (24) en forma próxima a la cara de trabajo (60) de la matriz (58);

- unos brazos oscilantes opuestos primero y segundo (16A y 16B);
 unas mordazas opuestas primera y segunda (22A y 22B) montadas en los brazos oscilantes opuestos primero y segundo respectivos (16A y 16B), estando cada mordaza (22A y 22B) estructurada para sujetar un extremo respectivo de la pieza a trabajar (W);
- 5 un calentador (26 o 64) para calentar por resistencia eléctrica la pieza a trabajar (W) a una temperatura de trabajo;
- al menos un calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) para aplicar calor radiante a una o más partes predeterminadas de la pieza a trabajar (W) para aumentar el alargamiento plástico de la pieza a trabajar (W) en la una o más partes predeterminadas; y
- 10 medios de movimiento (18A y 18B, 20A y 20B) para mover la cara de trabajo (60) de la matriz (58) y la pieza a trabajar (W) una con respecto a otra con el fin de conformar la pieza a trabajar (W) contra la cara de trabajo (60) de la matriz (58) en una forma preseleccionada.
9. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 8, en el que el calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F y 74A-74F) está localizado para aplicar el calor radiante desde una posición en la que el calor se aplica a un lado de la pieza a trabajar (W) opuesto a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W) o en el que el calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) está localizado para aplicar el calor radiante a un lado de la pieza a trabajar (W) generalmente perpendicular a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W) o en el que el calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) está localizado para aplicar el calor radiante a los lados opuestos de la pieza a trabajar (W), siendo ambos lados generalmente perpendiculares a un lado de acoplamiento de cara de trabajo de la pieza a trabajar (W).
- 15
- 20
10. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 8, en el que el recinto de aislamiento térmico (24) tiene unas paredes interiores (38, 40 y 46) en las que al menos un elemento de calentamiento radiante (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) se monta para suministrar el calor radiante.
- 25
11. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 9, en el que el recinto de aislamiento térmico (24) incluye una puerta (46) para obtener acceso a la matriz (58), y un suelo y un techo (38, 40), teniendo tanto la puerta como el suelo y el techo (38, 40 y 46) al menos un elemento de calentamiento radiante respectivo (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) montado en los mismos para aplicar calor radiante a la pieza a trabajar (W).
- 30
12. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 11, en el que tanto la puerta como el suelo y el techo (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) definen zonas de calentamiento separadas, y cada zona de calentamiento incluye al menos un calentador radiante (49A, 49B, 72A-72F, y 74A-74F) adaptado para suministrar el calor radiante a una velocidad predeterminada independiente de las otras zonas de calentamiento en respuesta a un criterio de entrada de temperatura predeterminado.
- 35
13. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 8, y que incluye al menos un termopar unido de manera liberable a la pieza a trabajar (W) y que se comunica con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre una temperatura de pieza a trabajar real y óptima.
- 40
14. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 8, y que incluye al menos un detector de temperatura por infrarrojos colocado en comunicación óptica con la pieza a trabajar (W) y que se comunica con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre una temperatura de pieza a trabajar real y óptima.
- 45
15. El aparato de conformación por estirado de la reivindicación 8, en el que el recinto de aislamiento térmico (24) comprende una puerta (46) que incluye al menos un puerto (80A-80D), y el aparato comprende además un detector de temperatura por infrarrojos montado para visualizar ópticamente la pieza a trabajar (W) a través del al menos un puerto (80A-80D) y que se comunica con un circuito de control de temperatura para determinar cualquier variación entre una temperatura de pieza a trabajar real y óptima.
- 50

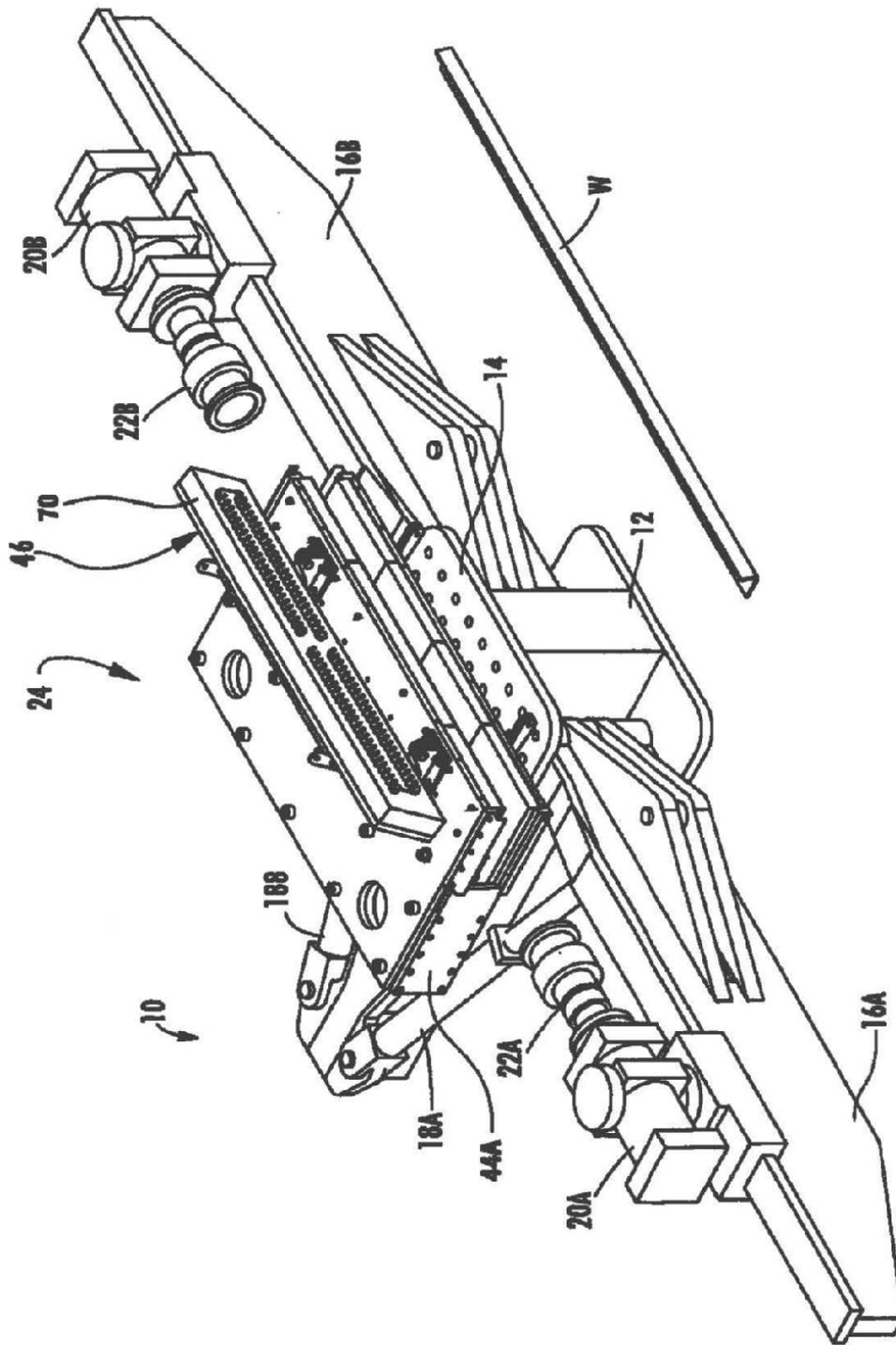


FIG 1

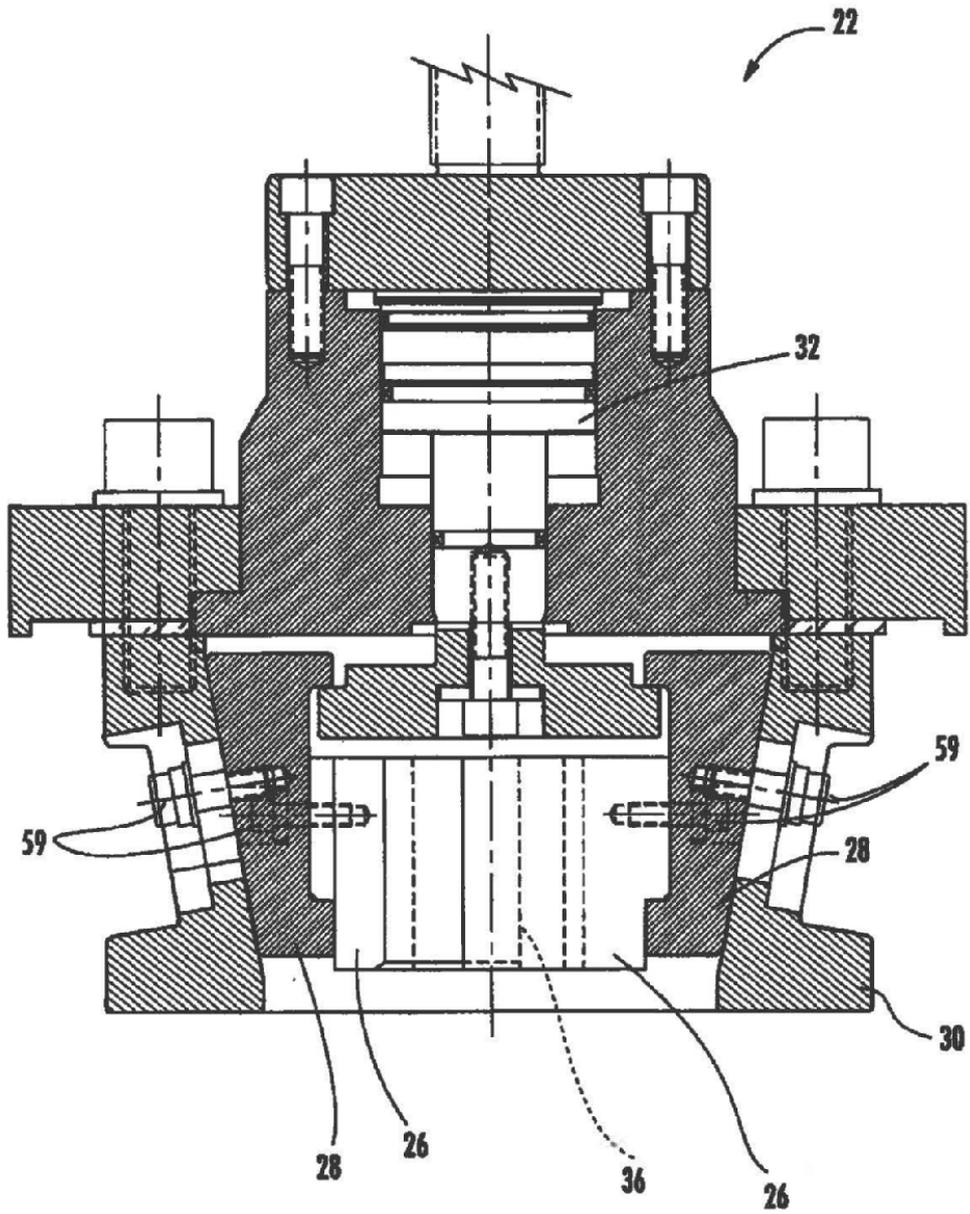


FIG. 2

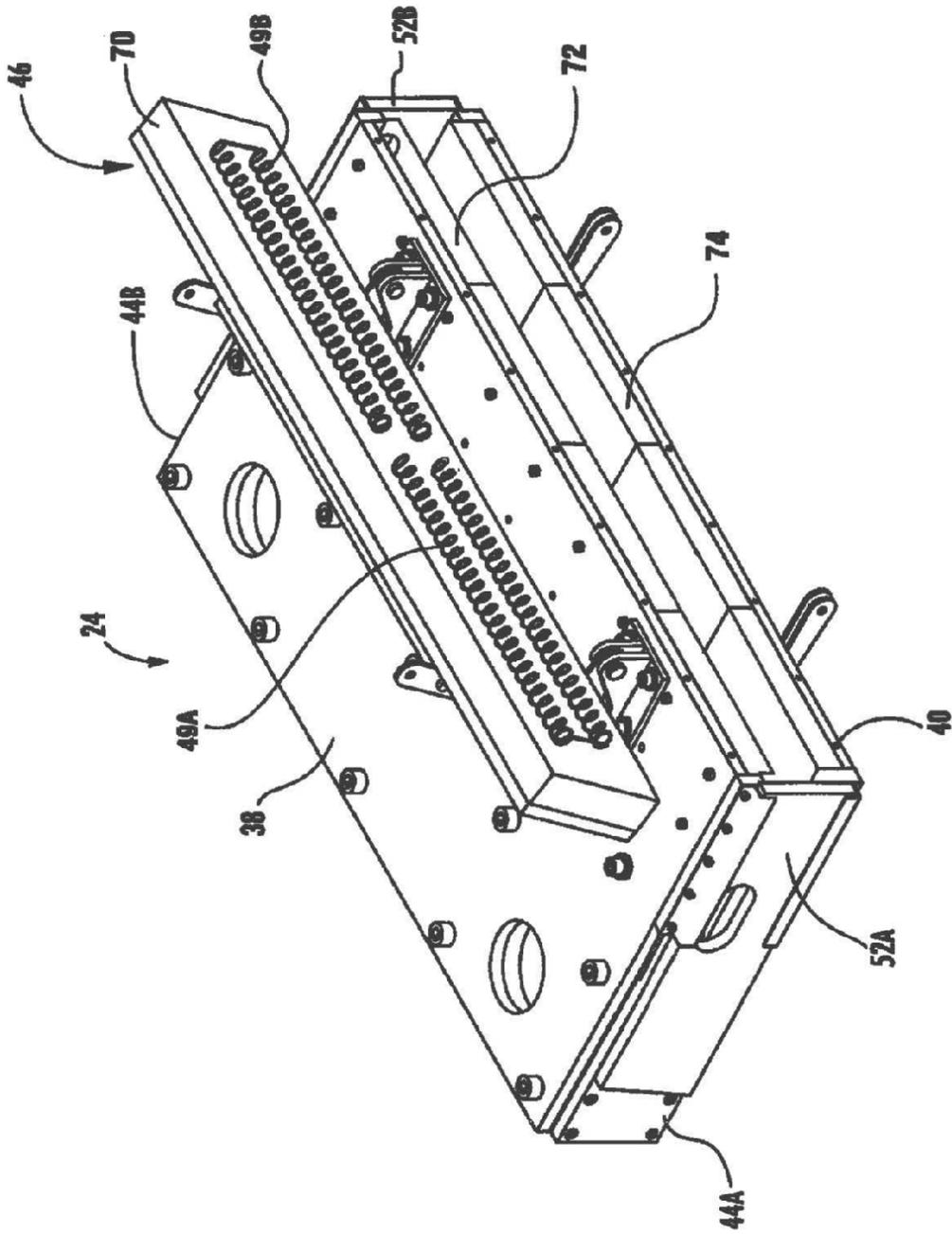


FIG. 3

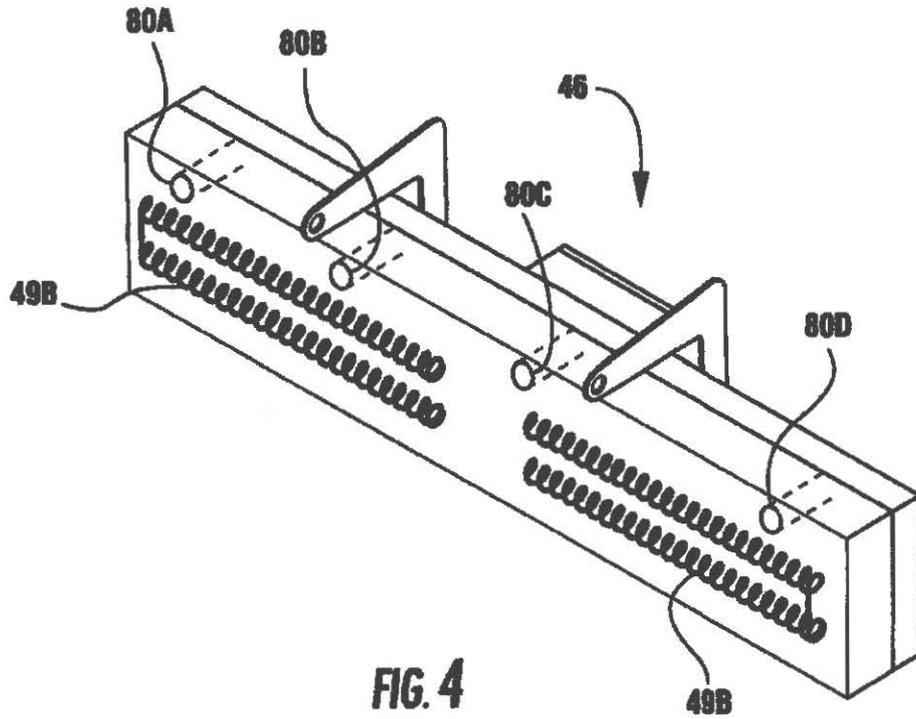


FIG. 4

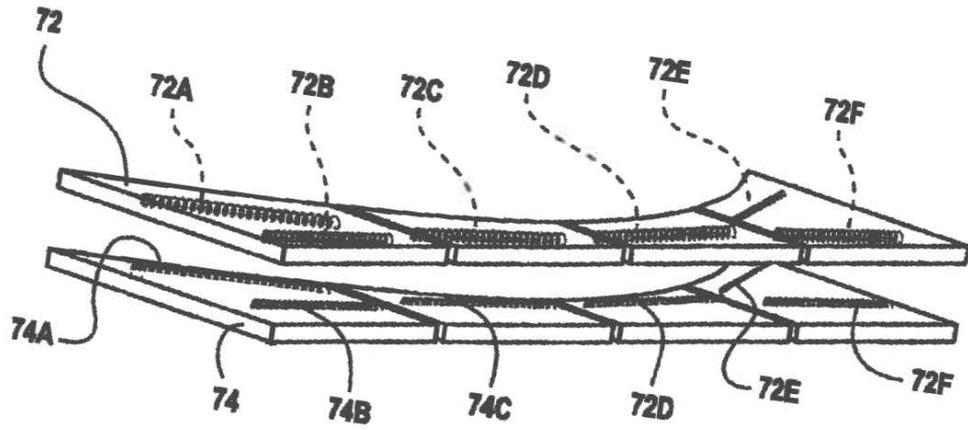


FIG. 5

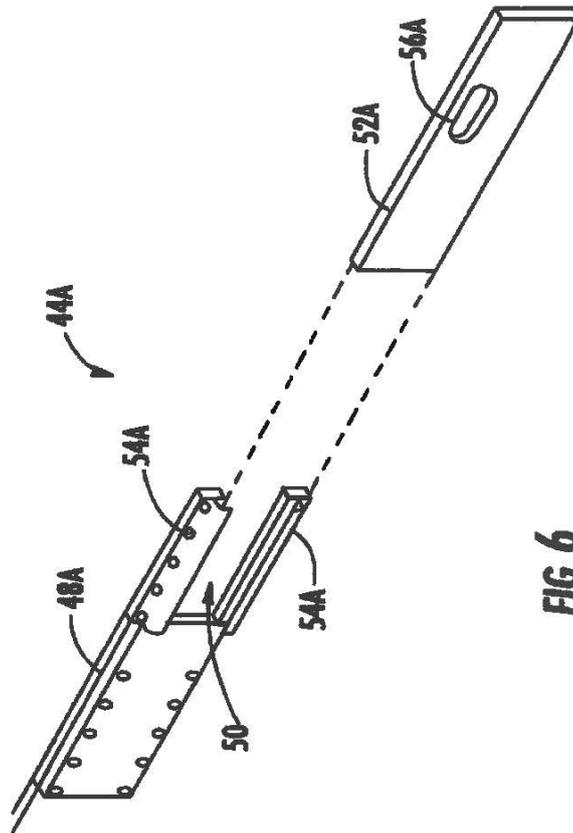


FIG. 6

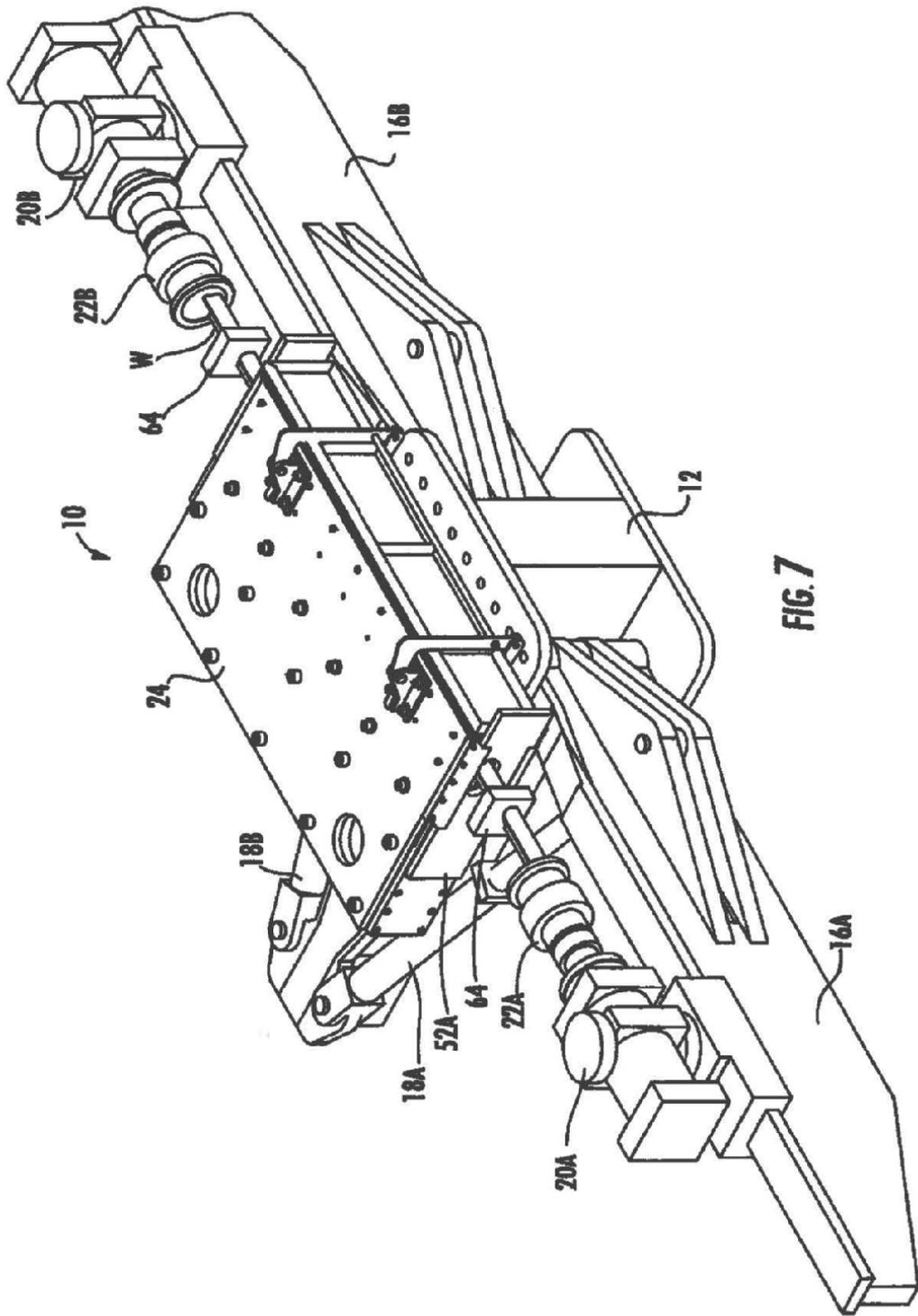
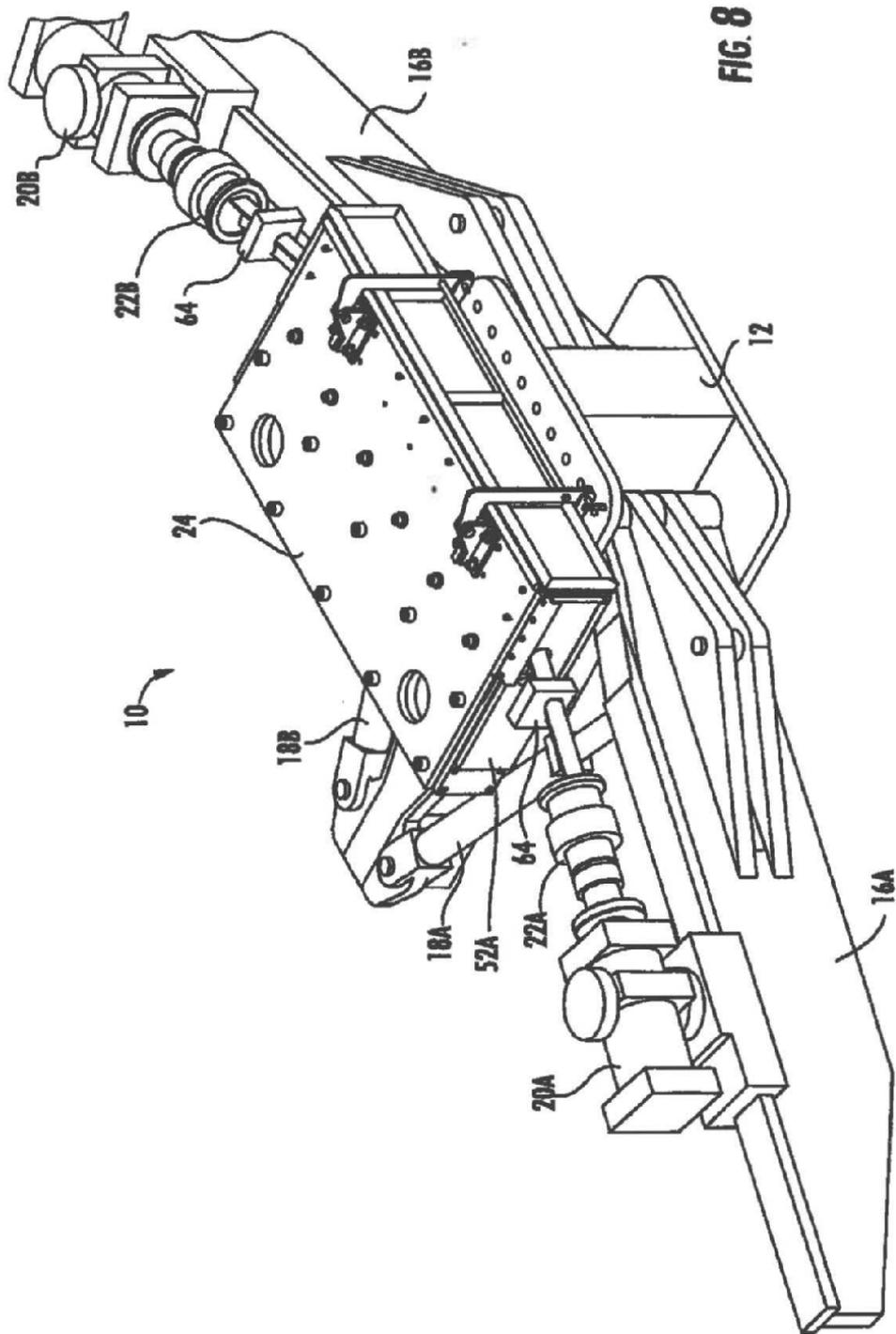


FIG. 7



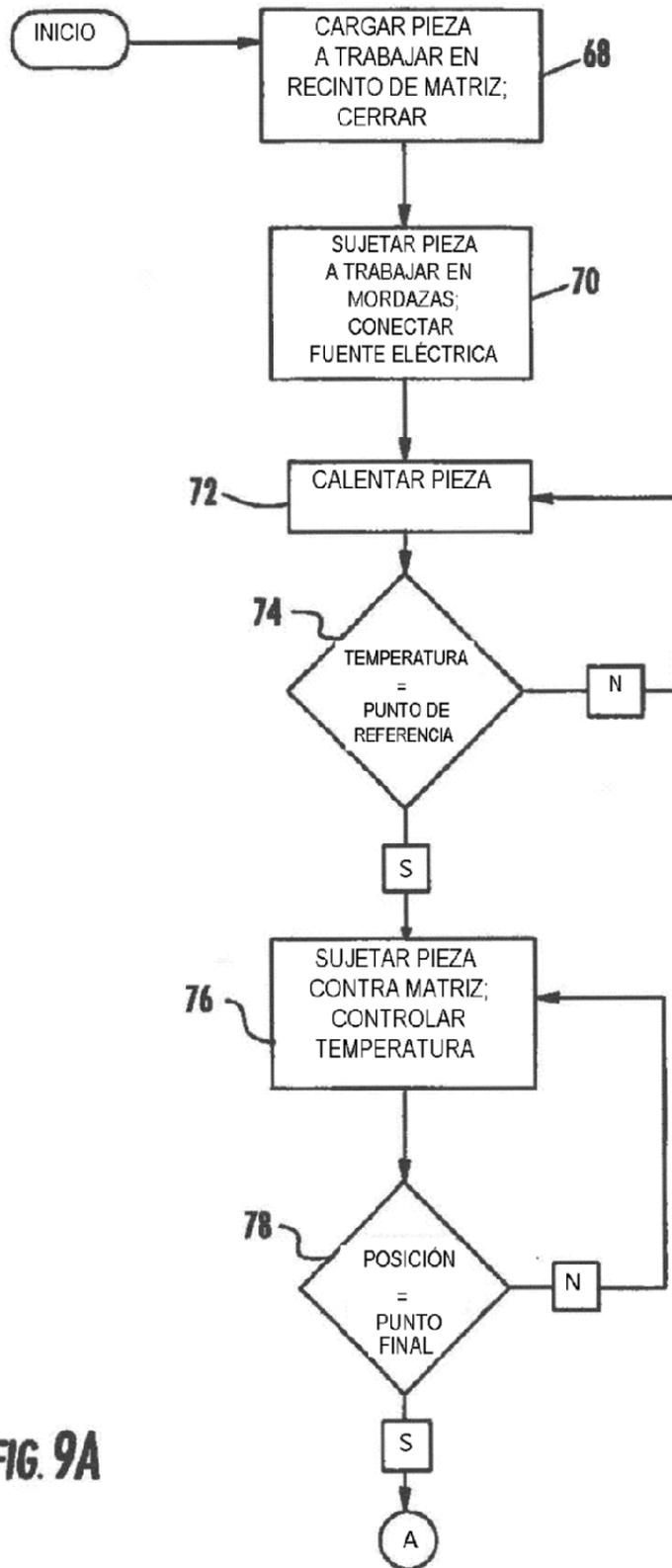


FIG. 9A

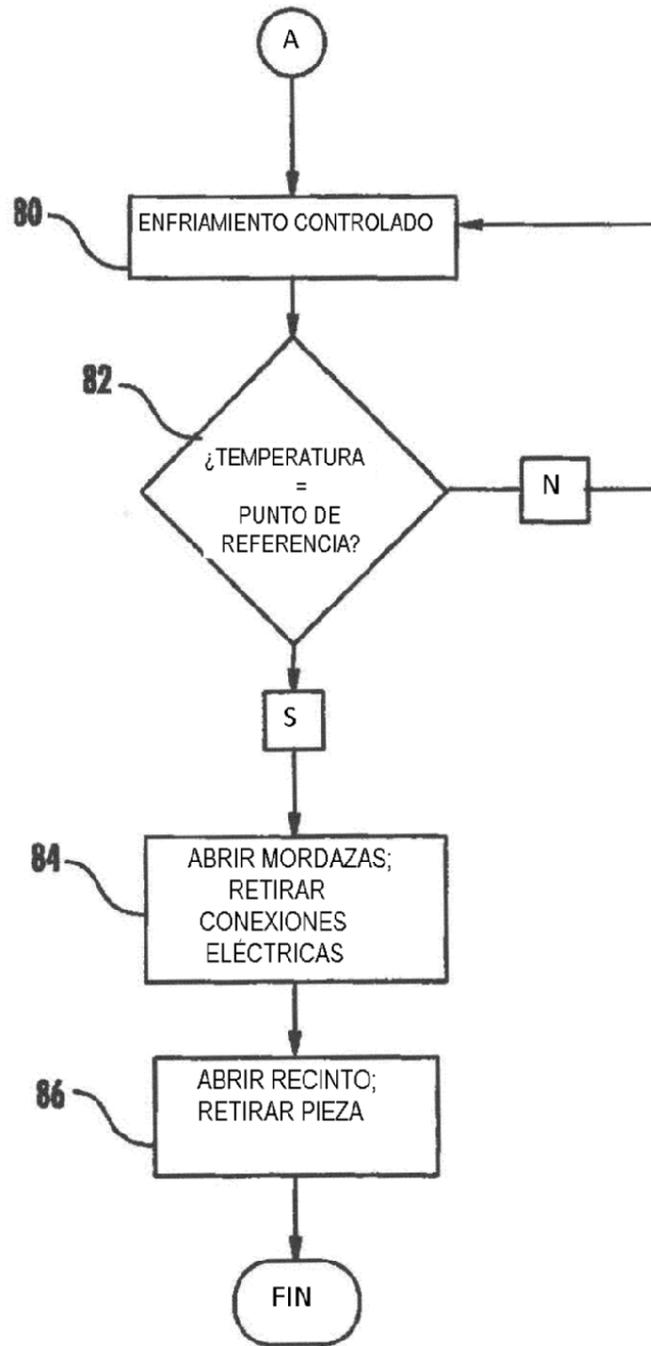


FIG. 9B

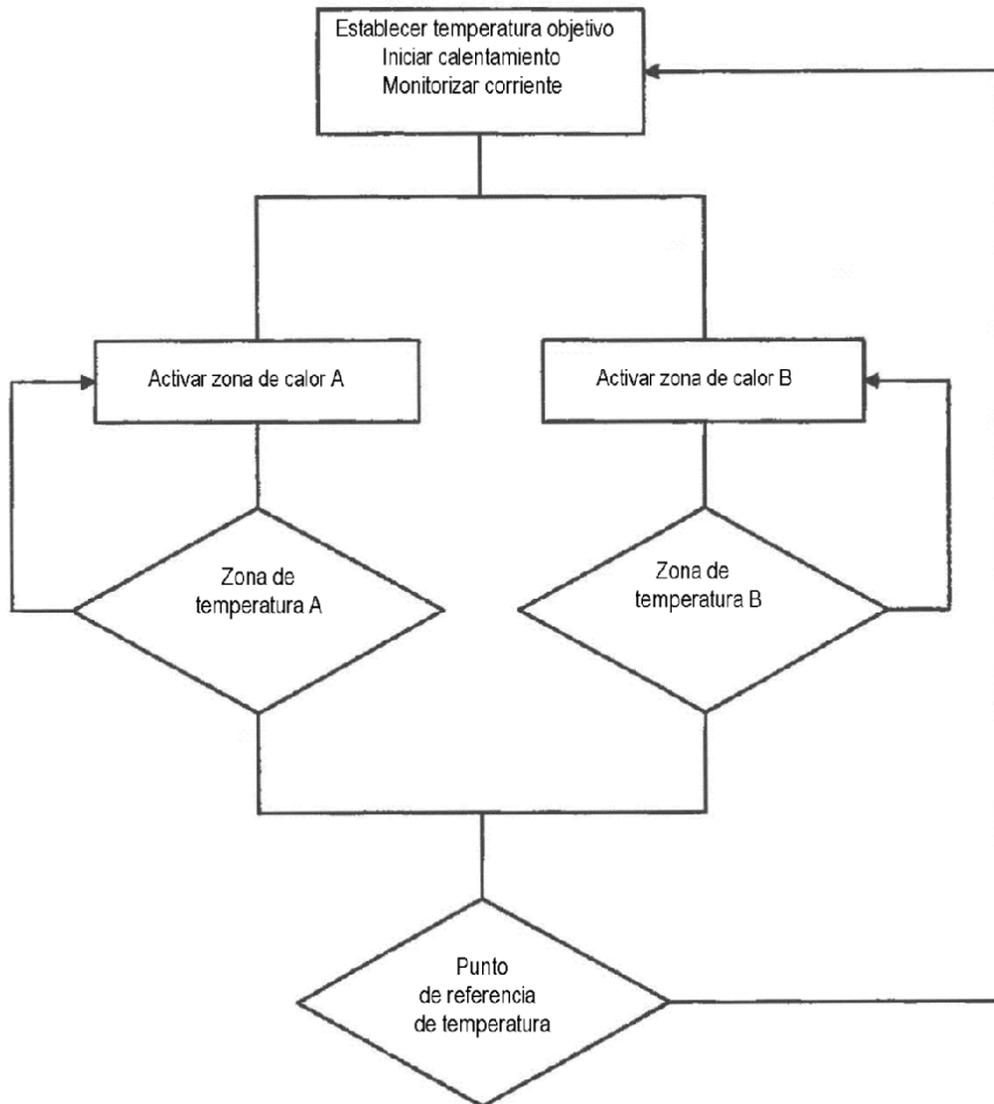


FIG. 10

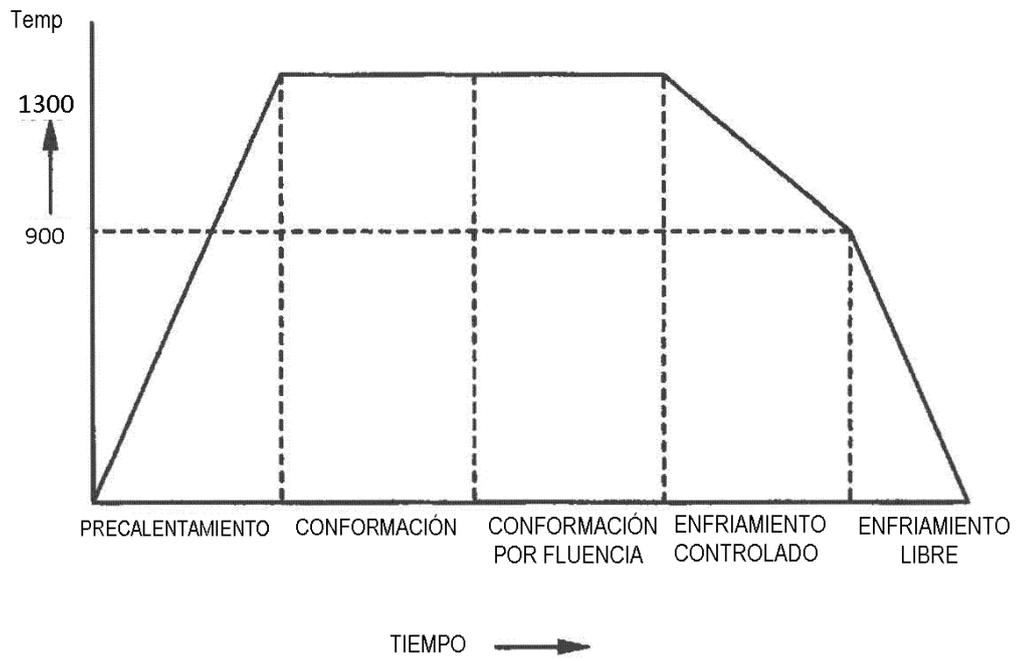


FIG. 11