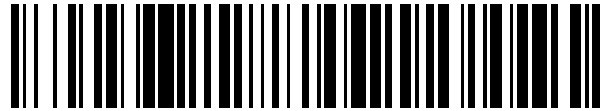


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 196**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2015** **E 15180842 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018** **EP 2990182**

54 Título: **Sistema y método de soldadura por ultrasonidos mediante servomotor con movimiento retardado**

30 Prioridad:

**28.08.2014 US 201414471895**

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

**27.03.2019**

73 Titular/es:

**DUKANE IAS, LLC (100.0%)  
2900 Dukane Drive  
St. Charles, IL 60174, US**

72 Inventor/es:

**KLINSTEIN, LEO;  
GOLKO, PAUL y  
JURKOWSKI, WILLIAM E.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 706 196 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**

Sistema y método de soldadura por ultrasonidos mediante servomotor con movimiento retardado

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere en general a prensas para uso en soldadura por ultrasonidos u otros sistemas para unión vibratoria de partes de plástico.

10 El documento US 2009/0188966 A1 divulga un método de soldadura por ultrasonidos que incluye los actos de pulsar una pila de soldadura por ultrasonidos montada para movimiento lineal en contra de una primera pieza de trabajo utilizando un servomotor eléctrico, aplicando una carga inicial predeterminada a la primera pieza de trabajo, e iniciar una soldadura, comprendiendo el inicio de la soldadura la salida de energía desde la pila de soldadura por ultrasonidos a la primera pieza de trabajo.

15 El documento US2007/0257087 A1 divulga un sistema de soldadura por ultrasonidos que incluye una pila de soldadura por ultrasonidos montada para movimiento lineal y para aplicar una fuerza controlada, velocidad o una combinación de fuerza y velocidad a una primera pieza para presionar las primeras piezas contra una segunda pieza a la que se une la primera pieza.

El documento US005197371 A divulga un limitador de fuerza para limitar la fuerza entre los dos artículos que entran en contacto entre sí, cuyo limitador de fuerza comprende un número de control desplazable con respecto a un soporte, cuyo elemento está pretensado neumáticamente con una fuerza que es sustancialmente independiente de la posición relativa entre el soporte y el elemento de control.

**Sumario de la invención**

20 La invención se define mediante el objeto de las reivindicaciones independientes. De acuerdo con un ejemplo, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos que es móvil, en respuesta a entradas de control, para iniciar una operación de soldadura aplicando energía vibratoria a una pieza de trabajo. El sistema incluye además uno o más sensores para medir al menos una variable de control y para emitir una señal de control correspondiente a la al menos una variable de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento que está acoplado y que causa el movimiento controlado de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema de control de movimiento responde a las entradas de control basándose en una o más señales de control recibidas desde el uno o más sensores. El sistema de control de movimiento incluye iniciar la operación de soldadura y, posteriormente al inicio de la operación de soldadura, retrasar inicialmente cualquier movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos hasta que una o más de las señales de control indiquen que las respectivas variables de control satisfacen una condición predeterminada. El sistema de control de movimiento incluye, además, después del retardo inicial y en respuesta a la satisfacción de la condición predeterminada, hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos se mueva de acuerdo con un perfil de soldadura. Posteriormente al movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos de acuerdo con el perfil de soldadura, el sistema de control de movimiento hace que la pila de soldadura por ultrasonidos detenga el movimiento y mantenga una posición estacionaria en respuesta a la aparición de una condición de inicio de retardo predeterminado. En respuesta a la aparición de una condición de terminación de retardo predeterminado, los sistemas de control de movimiento hacen que el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos se reanude de acuerdo con el perfil de soldadura.

40 En otro aspecto de los presentes conceptos, un método para una operación de soldadura incluye iniciar una operación de soldadura con el movimiento, en respuesta a entradas de control, de una pila de soldadura por ultrasonidos para aplicar energía de vibración a una pieza de trabajo, y medir, a través de uno o más sensores, al menos una variable de control y emitir una señal de control correspondiente. El método incluye además provocar, a través de un sistema de control de movimiento, el movimiento controlado de la pila de soldadura por ultrasonidos, y responder, a través del sistema de control de movimiento, a las entradas de control basadas en una o más señales de control recibidas desde el uno o más sensores. El método también incluye, después del inicio de la operación de soldadura, retrasar inicialmente, a través del sistema de control de movimiento, cualquier movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos hasta que una o más de las señales de control indiquen que las respectivas variables de control satisfacen una condición predeterminada. Después del retardo inicial y en respuesta a la satisfacción de la condición predeterminada, el sistema de control de movimiento hace que la pila de soldadura por ultrasonidos se mueva de acuerdo con un perfil de soldadura. Posteriormente al movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos de acuerdo con el perfil de soldadura, el sistema de control de movimiento hace que la pila de soldadura por ultrasonidos detenga el movimiento y mantenga una posición estacionaria en respuesta a la aparición de una condición de inicio de retardo predeterminado. En respuesta a la aparición de una condición de terminación de retardo predeterminado, el sistema de control de movimiento hace que el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos se reanude de acuerdo con el perfil de soldadura.

55 En otro aspecto más de los presentes conceptos, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos montado para movimiento lineal y para aplicar una fuerza controlada, velocidad, o una combinación de fuerza y velocidad a una primera pieza de trabajo para presionar la primera pieza de trabajo contra una segunda pieza a la que debe unirse la primera pieza. Un actuador lineal alimentado eléctricamente incluye un

elemento móvil acoplado a la pila de soldadura por ultrasonidos, haciendo el actuador lineal alimentado eléctricamente, en respuesta a las entradas de control, que el elemento móvil y la pila de soldadura por ultrasonidos se muevan con una o más de una fuerza y velocidad controladas. Un controlador proporciona entradas de control a al menos uno del actuador lineal alimentado eléctricamente o el servomotor para controlar una salida del actuador lineal alimentado eléctricamente o del servomotor. Al menos un sensor mide al menos una variable de control correspondiente y emite una señal correspondiente a la variable de control al controlador. El controlador, basado en la señal de salida de al menos un sensor, hace que el elemento móvil del actuador lineal alimentado eléctricamente detenga el movimiento y mantenga una posición estacionaria, posterior a cualquier movimiento de soldadura anterior, desde una condición de inicio de retardo predeterminado hasta una condición de terminación del retardo predeterminado. El controlador, basado en la señal de salida de al menos un sensor indica que se ha cumplido la condición de terminación de retardo predeterminado, hace que el actuador lineal alimentado eléctricamente reanude el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos de acuerdo con un perfil de soldadura predeterminado o un perfil de soldadura seleccionado de una pluralidad de perfiles de soldadura disponibles.

Aspectos adicionales de la invención serán evidentes para los de experiencia ordinaria en la técnica en vista de la descripción detallada de diversas realizaciones, que se hace con referencia a los dibujos, una breve descripción de los cuales se proporciona a continuación.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas junto con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva frontal de una máquina de soldadura por ultrasonidos;

La figura 2 es una perspectiva lateral ampliada de una porción de la máquina de soldadura por ultrasonidos mostrada en la figura 1, con porciones de las paredes de la carcasa recortadas para revelar la estructura interna, incluyendo el actuador lineal.

La figura 3 es una variación de la figura 2 que muestra un accionamiento de motor lineal en lugar del actuador accionado por servomotor.

La figura 4 es una variación de la figura 2 que muestra una célula de carga utilizada para la retroalimentación de fuerza.

La figura 5 es un alzado ampliado y en despiece de la "pila" por ultrasonidos en la máquina de soldadura por ultrasonidos mostrada en la figura 1.

La figura 6 es una variación de la figura 5 que muestra un botón de contacto cargado por resorte que permanece presionado contra una barra de contacto.

La figura 7 es un diagrama de bloques de una realización de un sistema de control para el actuador lineal utilizado en la máquina de soldadura por ultrasonidos mostrada en las figuras 1-4.

La figura 8 es un diagrama de bloques de una realización de un sistema de control para el actuador lineal utilizado en la máquina de soldadura por ultrasonidos mostrada en la figura 4.

La figura 9 muestra un gráfico de distancia en función del tiempo para una muestra de soldadura formada usando una prensa servo y empleando una técnica de movimiento retardado que no forma parte de la invención.

La figura 10 muestra un gráfico de fuerza en función del tiempo para la soldadura en la muestra anotada en la figura 9.

La figura 11 muestra un gráfico de la potencia en función del tiempo para la salida de potencia al transductor de la pila de soldadura para la soldadura en la muestra indicada en la figura 9.

La figura 12 muestra un ejemplo de distancia, fuerza y tasa de velocidad correspondientes de gráficos de cambio representados en función del tiempo para un movimiento de soldadura retardado que no forma parte de la invención.

La figura 13 muestra otro ejemplo de gráficos de distancia, fuerza y amplitud de ultrasonidos correspondientes representados en función del tiempo para un movimiento de soldadura retardado que no forma parte de la invención.

La figura 14 muestra otro ejemplo de gráficos de distancia y fuerza correspondientes representados en función del tiempo para un movimiento de soldadura con dos fases de retardo de movimiento.

La figura 15 muestra otro ejemplo de gráficos de cambio de velocidad, fuerza y tasa de fuerza correspondientes representados en función del tiempo para una soldadura (a) sin y (b) con ajuste de velocidad dinámico que no forma parte de la invención.

La figura 16 muestra otro ejemplo de gráficos de cambio de velocidad y fuerza correspondientes representados en función del tiempo para una soldadura (a) sin y (b) con ajuste de velocidad dinámico que no forma parte de la invención.

5 La figura 17 muestra otro ejemplo de gráficos correspondientes de amplitud y velocidad de ultrasonidos representados en función del tiempo para una soldadura en la que la velocidad aumenta en proporción directa a la amplitud de ultrasonidos, que no forma parte de la invención.

### Descripción detallada de las realizaciones ilustradas

10 Aunque la invención se describirá en conexión con ciertas realizaciones preferidas, debe entenderse que la invención no está limitada a tales realizaciones particulares. Por el contrario, la invención se pretende que cubra todas las alternativas, modificaciones y disposiciones equivalentes que puedan incluirse en el alcance de la invención como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

15 Volviendo ahora a los dibujos y con referencia, en particular, a las figuras 1-6, la máquina de soldadura por ultrasonidos ilustrativa incluye una "pila" de soldadura por ultrasonidos 10 que está montada para un movimiento vertical controlado por un actuador lineal 11 bidireccional alimentado eléctricamente (figura 2). La pila 10 se describirá con más detalle a continuación en relación con las figuras 5 y 6. El actuador 11 está montado dentro de una carcasa principal 12, que también soporta una carcasa auxiliar 13 que contiene la fuente de alimentación y los controles electrónicos para la prensa de soldadura. En una variación de este concepto, la carcasa 12 y la carcasa auxiliar 13 pueden combinarse en una estructura sin afectar materialmente a la intención de esta invención. Las piezas de trabajo termoplásticas W1 y W2 (figura 5) para soldarse se montan en un accesorio fijo debajo de la pila ultrasónica 10, y el actuador 11 avanza la pila 10 hacia abajo contra la pieza de trabajo superior W1. El extremo inferior de la pila 10 se presiona hacia abajo contra la pieza de trabajo W1 para presionar la pieza de trabajo superior W1 contra la pieza de trabajo inferior W2 mientras se aplican vibraciones mecánicas a la pieza de trabajo W1 para efectuar la soldadura deseada que une las dos piezas de trabajo W1 y W2 juntas.

25 La carcasa principal 12 está montada sobre un bastidor que incluye una columna vertical 14 que se extiende hacia arriba desde una base 15 que lleva un accesorio para recibir y soportar las piezas de trabajo a soldar. La carcasa 12 se monta típicamente de manera ajustable en la columna 14 para permitir que la posición vertical de toda la carcasa 12 se ajuste para diferentes piezas de trabajo. Se proporciona un panel de control 16 en la parte frontal de la base 15.

La pila de soldadura por ultrasonidos 10 incluye los siguientes tres componentes (ver las figuras 5 y 6):

- 30
- un transductor electromecánico 20 que convierte la energía eléctrica en vibraciones mecánicas;
  - un amplificador 21 para alterar la ganancia (es decir, la amplitud de salida) de las vibraciones mecánicas producidas por el transductor 20; y
  - una bocina 22 para transferir las vibraciones mecánicas desde el amplificador 21 a las partes a soldar.

35 Como se muestra en la figura 5, el transductor 20 incluye un conector 23 para conectar un cable coaxial de alta tensión 24 que entrega una señal eléctrica de alta frecuencia para excitar el transductor 20. Esta señal es suministrada por un generador de señal por ultrasonidos separado (no mostrado). También se puede utilizar un método alternativo de conexión para permitir una extracción e instalación más fáciles del transductor. Este método, como se muestra en la figura 6, utiliza un botón montado por resorte en el transductor 20 que hace contacto con una barra conductora en la prensa. La conductividad eléctrica está asegurada por la fuerza del resorte detrás del botón cuando presiona contra la barra.

40 El transductor 20 genera las vibraciones por ultrasonidos como un convertidor piezoeléctrico Langevin que transforma la energía eléctrica en movimiento mecánico. La potencia aplicada al transductor 20 puede variar desde menos de 50 vatios hasta 5000 vatios a una frecuencia típica de 20 kHz. Debe tenerse en cuenta que los mismos conceptos se aplicarán a transductores de otras frecuencias y niveles de potencia que se utilizan regularmente en los procesos de soldadura de esta invención.

45 El transductor 20 se hace típicamente de una serie de elementos cerámicos piezoeléctricos estándar separados por placas metálicas delgadas, sujetos entre sí bajo alta presión. Cuando se aplica una tensión alterna a los elementos cerámicos, se produce un campo eléctrico correspondiente que da como resultado una variación en el espesor de los elementos cerámicos. Esta variación en el espesor induce una onda de presión que se propaga a través del material y se refleja en los extremos de la masa metálica del transductor. Cuando la longitud del conjunto se ajusta a su frecuencia de excitación, el conjunto resuena y se convierte en una fuente de ondas estacionarias. La amplitud de salida de un transductor de 20 kHz es generalmente de unos 20 micrómetros (0,0008 pulgadas). Esta amplitud debe ser amplificada por el amplificador 21 y la bocina 22 para hacer un trabajo útil en las partes W1 y W2. El amplificador y la bocina actúan como una guía de onda acústica o transformador para amplificar y enfocar las vibraciones por ultrasonidos de la pieza de trabajo.

## ES 2 706 196 T3

La función principal del servomotor 21 es alterar la ganancia (es decir, amplitud de salida) de la pila 10. Un amplificador está amplificando si su ganancia es mayor que uno y reduciendo si su ganancia es menor que uno. Las ganancias a 20 kHz suelen oscilar entre menos de la mitad y aproximadamente tres.

5 La bocina 22 normalmente no pueden ser sujeta porque debe ser libre para vibrar y, por lo tanto, solo el transductor 20 y el amplificador 21 están sujetos. Por lo tanto, una función secundaria (y, a veces, el único propósito) del amplificador es proporcionar una ubicación de montaje adicional sin alterar la amplificación de la pila cuando está fijada en una prensa. El amplificador neutro o de acoplamiento se agrega entre el transductor y la bocina y se monta en la prensa mediante un anillo de montaje que se coloca en el punto nodal (donde la onda estacionaria tiene una amplitud longitudinal mínima).

10 La bocina 22 tiene tres funciones principales, a saber:

- transfiere la energía de vibración mecánica por ultrasonidos (que se origina en el transductor 20) a la pieza de trabajo termoplástica (W1 y W2) a través del contacto físico directo, y localiza la energía en el área donde se produce la fusión;

15 - amplifica la amplitud de vibración para proporcionar la amplitud de punta deseada para la pieza de trabajo termoplástica y los requisitos del proceso de soldadura; y

- aplica la presión necesaria para forzar la soldadura cuando las superficies de unión se funden.

20 La bocina está mecanizada con precisión y típicamente está diseñada para vibrar a ya sea 15 kHz, 20 kHz, 30 kHz, 40 kHz, 50 kHz o 70 kHz. Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la longitud de onda acústica y, por consiguiente, menor será la bocina. La sintonización de una bocina se realiza normalmente mediante medición de frecuencia electrónica. Las bocinas generalmente se fabrican a partir de aleaciones de aluminio de alta resistencia o titanio, las cuales tienen excelentes propiedades acústicas para transmitir la energía por ultrasonidos con poca atenuación.

25 Hay muchas formas diferentes de bocina y estilos dependiendo de los requerimientos del proceso. Los factores que influyen en el diseño de la bocina son los materiales a soldar y el método de montaje. La bocina debe amplificar la vibración mecánica para que la amplitud sea suficiente para fundir las piezas de trabajo termoplásticas en su interfaz, y la ganancia de la bocina está determinada por su perfil. La amplitud en la punta de la bocina generalmente varía de 30 a 125 micrómetros de pico a pico (1,2 a 5,0 milésimas de pulgada) a 20 kHz. En una variación alternativa, la bocina puede diseñarse de manera que tome la forma de un amplificador y combine las funciones de estabilización y soldadura. En esta variación, el amplificador se elimina y la bocina se fija en la prensa en la posición  
30 del área del anillo de montaje del amplificador.

A medida que aumenta la frecuencia, la amplitud de vibración disminuye. Las frecuencias más altas se utilizan para la costura de materiales delgados y partes delicadas que no requieren mucha amplitud. Dado que la bocina se hace más pequeña a frecuencias más altas, también se puede lograr una separación más cercana.

35 La soldadura de plástico es la aplicación más común de montaje por ultrasonidos. Para realizar una soldadura por ultrasonidos de plástico, la punta de la bocina se pone en contacto con la pieza de trabajo superior W1, como se muestra en la figura 5. Se aplica presión y la energía por ultrasonidos se desplaza a través de la pieza superior, aumentando la energía cinética (o calor) en el punto de contacto de las dos piezas de trabajo. El calor funde un nervio de plástico moldeado en una de las piezas de trabajo, y el material fundido fluye entre las dos superficies. Cuando la vibración se detiene, el material se solidifica formando una unión permanente.

40 El actuador lineal 11 comprende un servomotor eléctrico 30 integrado con un convertidor 31 que convierte la salida de rotación del motor 30 en un movimiento lineal. El convertidor es típicamente un tornillo de avance acoplado al árbol de salida del motor 30a, con una unidad de seguidor que se desplaza a lo largo de las roscas del tornillo de avance para producir la salida lineal deseada. En la realización ilustrativa, la salida lineal es un movimiento vertical controlado de una varilla 31a que conecta el convertidor 31 con la pila 10. La unidad integrada que contiene tanto el  
45 servomotor 30 como el convertidor 31 es un artículo disponible comercialmente, tal como los actuadores lineales de las series GSM o GSX disponibles por Exlar Corporation de Chanhassen, Minnesota. Véase también la patente US 5.557.154 asignada a Exlar Corporation. La retroalimentación de posición lineal utilizada por el servomotor puede ser proporcionada por un codificador lineal acoplado a la pila de soldadura 10, o por un codificador giratorio que detecta la posición del motor giratorio 30.

50 Como se puede ver en las figuras 2 y 4, la varilla del actuador 31a se mueve linealmente a lo largo de un eje vertical. El extremo inferior de la varilla 31a está conectado a los componentes que comprenden el carro al que se une la pila de soldadura por ultrasonidos 10. El propósito del actuador 11 es aplicar una fuerza controlada, velocidad o una combinación de fuerza y velocidad a la pila 10 para presionar la pila hacia abajo contra la pieza de trabajo W1 mientras que la pila también está transmitiendo vibraciones mecánicas a la pieza de trabajo. El movimiento lineal de  
55 la varilla 31a es otra variable controlable. Por ejemplo, el movimiento lineal de la varilla 31a puede controlarse para controlar la profundidad de la soldadura, especialmente después de que el material termoplástico de las piezas de trabajo se haya ablandado lo suficiente como para efectuar la soldadura deseada. El avance excesivo de la varilla

31a después de que el material termoplástico haya sido ablandado por la energía de vibración aplicada puede producir una soldadura que es demasiado delgada y, por lo tanto, demasiado débil. Del mismo modo, de acuerdo con los conceptos que se describen a continuación, un movimiento lineal inicial de la varilla 31a puede retrasarse, por ejemplo, al mantenerse en o cerca de cero, hasta que, después de un reblandecimiento del material termoplástico de las piezas de trabajo, se reduzca la fuerza aplicada inicialmente a un nivel por debajo de un umbral predeterminado.

Un método alternativo de conducción de la pila de soldadura se muestra en la figura 3 mediante el uso de una corredera servo lineal de accionamiento directo. Estas correderas reducen imprecisiones causadas por el retroceso del engranaje y el cierre del tornillo de alimentación. Un servomotor lineal de accionamiento directo 38 actúa sobre el conjunto de pila 10. Este servomotor de accionamiento lineal es una combinación del motor 30 y el convertidor 31. Dichas unidades están disponibles comercialmente de una serie de proveedores, tal como la serie Trilogy 410 de Parker. La retroalimentación de posición 36 se proporciona directamente por el motor lineal, por ejemplo, usando un codificador o resolutor acoplado directamente al árbol del motor. Para utilizar un servomotor lineal en una configuración vertical, se requiere un freno eléctrico separado 37 para evitar que la pila de soldadura 10 caiga por su propio peso durante las condiciones de apagado.

La figura 7 ilustra un sistema de control para el actuador lineal 11. Un circuito de control de fuerza incluye un sensor de par 32 acoplado al árbol de salida giratorio 30a del servomotor eléctrico 30, para producir una señal eléctrica relacionada con la magnitud de la salida de par del motor 30. Esta señal de par se procesa en el circuito de acondicionamiento de señal 33 convencional y luego se suministra a un controlador de movimiento 34 que recibe energía desde una fuente de alimentación 35 y controla la corriente eléctrica suministrada al motor 30 a través del amplificador de accionamiento 34a. Por lo tanto, el sensor de par 32 y el circuito de acondicionamiento de señal 33 forman un circuito de retroalimentación que controla el motor 30 para girar el árbol de salida 30a con un par deseado, que a su vez controla la fuerza aplicada a la pila 10 por el convertidor 31, que convierte la salida giratoria del motor 30 al movimiento lineal de la varilla 31a. Este circuito de retroalimentación permite controlar la presión aplicada a las piezas durante la operación de soldadura al controlar el par de salida producido por el servomotor.

Un método alternativo de proporcionar la fuerza de respuesta para el sistema de control utiliza una célula de carga disponible en el mercado en lugar del control del par en la propia unidad de motor. La célula de carga 40 se coloca de manera que pueda medir la fuerza ejercida por la pila de soldadura sobre la pieza de trabajo. Esto se ilustra en las figuras 4 y 8.

Para controlar la magnitud del desplazamiento lineal de la varilla 31a, un sensor de posición 36 está acoplado a la varilla 31a, para producir una señal eléctrica relacionada con el movimiento vertical de la varilla 31a. Por ejemplo, el sensor de posición 36 puede ser un codificador que produce una serie de pulsos eléctricos proporcionales a la magnitud del desplazamiento de la varilla 31a. Esta señal de posición se suministra al controlador 34 como un parámetro adicional para su uso por el controlador 34 para controlar la corriente eléctrica suministrada al motor 30. Por lo tanto, el sensor de posición 36 es parte de un circuito de retroalimentación que controla el motor 30 para controlar el desplazamiento angular del eje de salida 30a, que a su vez controla la magnitud del movimiento vertical de la varilla 31a, y, por lo tanto, de la pila 10. El desplazamiento real de la pila 10 es, por supuesto, una función tanto de la fuerza aplicada por el motor 30 como de la resistencia ofrecida por las piezas de trabajo, que varía a medida que la zona de soldadura se calienta y ablanda el material termoplástico de las piezas de trabajo.

Un método alternativo de determinación de la posición lineal de la pila de soldadura durante el ciclo de soldadura es mediante la utilización de la retroalimentación del codificador del motor. Esto está representado por el elemento 41 en la figura 7 o el elemento 36 en la figura 8. Esta posición es una función de la posición del motor y del conductor de la tuerca del tornillo de accionamiento en combinación con cualquier reducción de engranajes utilizada en el tren de accionamiento.

Además de controlar la fuerza, la velocidad, o la combinación de la fuerza y velocidad directamente, el sistema de control de movimiento 34 es capaz de cambiar automáticamente la fuerza o la velocidad de la marcha basada en un algoritmo arbitrario usando una señal de entrada o una combinación de señales de un dispositivo de control externo 42. El dispositivo de control externo 42 puede ser el generador o controlador por ultrasonidos que proporciona energía y control a la pila 10. Puede ser un controlador que está conectado o implicado con las piezas de trabajo W1 y W2. En estos casos, el controlador de movimiento 34 recibe la(s) señal(es) de entrada desde un dispositivo externo 42, el acondicionador de señal 33 y el sensor de posición 36 y genera los cambios de fuerza o velocidad durante los procesos de soldadura y retención. Por ejemplo, se puede ordenar al actuador que cambie automáticamente la fuerza o la velocidad en un esfuerzo por mantener constante la salida de potencia de ultrasonidos (proporcionada por el generador por ultrasonidos). Como segundo ejemplo, el transductor por ultrasonidos 20 puede proporcionar potencia de retroalimentación a un dispositivo de control externo 42 relacionado con la fuerza que se ejerce sobre el mismo. Esta potencia de retroalimentación se usará como base para que el dispositivo de control externo influya en el controlador de movimiento 34 para cambiar la fuerza o la velocidad del motor y la varilla del actuador 30 y 31a. El resultado será un circuito cerrado de servocontrol que relacionará la fuerza aplicada a la pieza de trabajo W1 y W2 y la velocidad de soldadura real según lo informado por uno o ambos sensores de posición 36 y 41.

Existen numerosas ventajas de utilizar el control servoeléctrico en un sistema de soldadura de este tipo. La principal ventaja es la capacidad de controlar con precisión la posición de la pila de soldadura durante todo el proceso de soldadura debido a la naturaleza repetible y controlable de la energía eléctrica en comparación con los sistemas neumáticos, que están sujetos a imprecisiones debido a la compresibilidad de los medios. Una segunda ventaja es la capacidad de cambiar la velocidad o la fuerza de la pila de soldadura más rápido de un nivel a otro mediante un sistema servo. Una tercera ventaja es la mayor facilidad de calibración y verificación de un sistema de soldadura que utiliza un servo eléctrico debido a la ausencia de todos los controles neumáticos, lo que también reduce el esfuerzo involucrado en la configuración de múltiples sistemas de soldadura para lograr un rendimiento equivalente.

También es posible combinar los efectos de la velocidad y la fuerza de retroalimentación para controlar el proceso de soldadura. Un ejemplo de esto es monitorizar y variar la velocidad como control secundario para mantener una fuerza constante ejercida por el servomotor en la pieza. En este escenario, se puede definir una velocidad de soldadura máxima y mínima para garantizar que todas las partes tengan una cubierta bien definida de los parámetros del proceso. El método recíproco de variar la fuerza ejercida por el servomotor dentro de límites definidos para mantener un perfil de velocidad predeterminado también es viable con este aparato y las capacidades de control inherentes en el diseño. Como ejemplo, el método de soldadura por ultrasonidos incluye al menos una señal de entrada para ajustar la fuerza o la velocidad del actuador lineal en respuesta a una potencia medida (por ejemplo, una potencia instantánea) entregada al transductor 20. En otro ejemplo, el método de soldadura por ultrasonidos incluye al menos una señal de entrada para ajustar la fuerza o velocidad del actuador lineal en respuesta a una potencia acumulada entregada al transductor 20 (es decir, la potencia entregada al transductor se suma continuamente a lo largo del tiempo para obtener un rendimiento de la potencia acumulada, y esta potencia acumulativa se puede utilizar como referencia en un circuito de retroalimentación).

La figura 9 muestra un gráfico de distancia en función del tiempo para una muestra de soldadura de policarbonato formada usando un sistema de prensa servo y empleando una técnica de movimiento retardado que no forma parte de la invención. La figura 10 muestra un gráfico de fuerza en función del tiempo para la soldadura en la muestra anotada en la figura 9. La figura 11 muestra un gráfico de la potencia en función del tiempo para la salida de potencia al transductor de la pila de soldadura para la soldadura en la muestra indicada en la figura 9. En esta muestra experimental de soldadura representada, se implementó una característica en la que, después de aplicar una carga inicial ("fuerza de disparo") de 88,9 N (20 libras) a la pila ultrasónica, el desplazamiento de la pila de soldadura por ultrasonidos 10 se mantuvo sustancialmente a cero. Cabe señalar que la carga inicial es una carga variable que puede seleccionar un operador o, alternativamente, el sistema de control al ingresar los parámetros de soldadura apropiados e información del proceso, y puede variar entre cero libras y cualquier límite superior del actuador lineal utilizado. Después de que se aplicó esta carga inicial, la operación de soldadura se inició en un tiempo de 0 segundos al alimentar el transductor 20 de la pila de soldadura por ultrasonidos 10. En ese momento, la distancia de colapso de la soldadura era de 0 cm (pulgadas). A lo largo del tiempo de aproximadamente 0,080 segundos, la distancia de soldadura se mantuvo sustancialmente en 0 pulgadas.

Durante este tiempo, la pila de soldadura por ultrasonidos 10 de potencia aumenta y la operación de soldadura comenzaron a ablandar el material termoplástico de la pieza de trabajo en el punto de soldadura. Correspondientemente, una caída de fuerza (figura 10) se observa a partir de unos 0,064 segundos. En este momento, la potencia al transductor 20 es de aproximadamente 275 W (ver la figura 11). Entre aproximadamente 0,064 segundos y aproximadamente 0,080 segundos, se observa que la fuerza aplicada por el actuador lineal 11 en la pila de soldadura por ultrasonidos 10 disminuye desde aproximadamente 115,7 N (26 libras) hasta aproximadamente 40,0 N (9 libras). Hasta este momento, la distancia de la soldadura se mantiene cerca de cero y la varilla del actuador lineal 31a y la pila de soldadura por ultrasonidos 10 no avanzan apreciablemente. Sin embargo, después de la disminución observada en la fuerza más allá de una fuerza de umbral predeterminada seleccionada, que fue de aproximadamente 75,6 N (17 libras) en el presente ejemplo, el sistema de control inició el movimiento hacia abajo de la pila de soldadura (por ejemplo, una velocidad descendente positiva) para continuar el proceso de soldadura de acuerdo con un perfil de proceso de soldadura seleccionado, como lo indican los parámetros en las figuras 9-11.

La muestra de soldadura producida por el proceso de soldadura representada en las figuras, 9-11 se midió, produciendo una altura de colapso (por ejemplo, la diferencia entre las partes no soldadas y soldadas) de 0,04 cm (0,0174 pulgadas), y posteriormente se probó en tracción, produciendo una fuerza de tracción máxima de 4474,7 N (1006 libras). Al probar los conceptos descritos en este documento, un número estadísticamente significativo de muestras se soldaron en condiciones similares (es decir, implementando una técnica de movimiento retardado como se describe en este documento) y produjeron una altura de colapso promedio de 0,04 cm (0,0172 pulgadas) con una desviación estándar de 0,00025 cm (0,0001 pulgadas) y una fuerza de tracción de 4407,9 N (991 libras) con una desviación estándar de 84,5 N (19 libras). Las pruebas de comparación se realizaron en otro grupo de las mismas muestras de soldadura utilizando un sistema neumático con la misma bocina y generador de soldadura por ultrasonidos. En las pruebas neumáticas, la pila de soldadura por ultrasonidos se hizo operar en un modo de "fuerza" en el que se mantiene una fuerza de soldadura específica controlando la presión de aire para lograr una fuerza de soldadura bastante constante en toda la soldadura. En comparación, se midió un número estadísticamente significativo de muestras producidas por el proceso de soldadura del sistema neumático, que arrojaron una altura promedio de colapso de 0,046 cm (0,0182 pulgadas) con una desviación estándar de 0,0012 cm (0,0005 pulgadas), y se probaron por extracción, una fuerza de tracción promedio de 4456,9 N (1002 libras), con una desviación

estándar de aproximadamente 137,9 N (31 libras).

Los resultados de las pruebas servo de implementación de la técnica de movimiento retardado fueron superiores a los de las pruebas de neumáticos para la consistencia de la distancia de colapso y la repetibilidad de la fuerza de tracción. Además, aunque el valor promedio absoluto de la fuerza de tracción fue ligeramente mayor con el sistema neumático, la distancia promedio de colapso de la soldadura también fue ligeramente mayor. Dado que estas muestras emplean un diseño de unión de soldadura por cizallamiento familiar para los expertos en la técnica, se pueden comparar las resistencias de tracción promedio por unidad de distancia de colapso de la soldadura. Las muestras soldadas en el sistema servo produjeron una mayor resistencia relativa en comparación con las muestras soldadas en el sistema neumático. Los valores promedio fueron de 256649,6 N (57,700) y 245529,6 N (55,200 libras por pulgada) de colapso de soldadura, respectivamente.

Se espera que aún más mejoras para soldadura de resistencia se pueden obtener mediante el ajuste de la cantidad de la demora antes de iniciar un movimiento hacia abajo de la pila de soldadura por ultrasonidos 10, así como mediante el ajuste del perfil de velocidad a través del resto de la soldadura. También se pueden esperar mejoras en la repetibilidad de la fuerza mejorando la precisión y la repetibilidad de la detección de la fuerza empleada en esta técnica, lo que puede lograrse reduciendo aún más el ruido eléctrico y mecánico en los circuitos de detección.

Será evidente para los expertos en la técnica que la invención no se limita a los detalles de las realizaciones ilustradas anteriores y que la presente invención puede ser realizada en otras formas específicas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Las presentes realizaciones se consideran, por lo tanto, ilustrativas y no restrictivas, indicándose el alcance de la invención mediante las reivindicaciones adjuntas, en lugar de la descripción anterior y, por lo tanto, todos los cambios que entren dentro del significado y el rango de equivalencia de las reivindicaciones están destinados a incluirse en las mismas. Como ejemplo, aunque la distancia de soldadura de la pila de soldadura por ultrasonidos se ha descrito aquí en la fase de movimiento retardado de la operación de soldadura para mantenerse en o cerca de cero, se puede usar ventajosamente una ligera pendiente o un perfil arbitrario.

Como otro ejemplo, de acuerdo con al menos algunos aspectos de los presentes conceptos, es posible que el actuador descrito y el sistema de control asociado se podrían implementar en combinación con la segunda pieza de trabajo W2 de tal manera que el actuador mueva la segunda pieza de trabajo W2 hacia la pieza de trabajo estacionaria W1 unida o adyacente a una pila de soldadura estacionaria (es decir, estacionaria a excepción del movimiento vibratorio de la bocina 22). Los sistemas de control descritos en este documento controlan entonces un movimiento lineal de la segunda pieza de trabajo W2 contra la primera pieza de trabajo W1 aplicando una fuerza, velocidad o combinación de fuerza y velocidad controladas a la segunda pieza de trabajo con el actuador lineal accionado eléctricamente para presionar la segunda pieza de trabajo contra la primera pieza de trabajo a la que se une la segunda pieza de trabajo. Del mismo modo, otra aplicación potencial de los presentes conceptos puede incluir una disposición en la que la segunda pieza de trabajo W2 se monta adyacente a la bocina de la pila de soldadura por ultrasonidos y el actuador descrito y el sistema de control asociado implementado como se describió anteriormente para desviar la primera pieza de trabajo W1 contra la pieza de trabajo estacionaria W2 conectada o adyacente a la pila de soldadura estacionaria (es decir, estacionaria, excepto por el movimiento vibratorio de la bocina 22). Los sistemas de control descritos en el presente documento controlan entonces un movimiento lineal de la primera pieza de trabajo W1 contra la segunda pieza de trabajo W2. Además, debe entenderse que, aunque puede mostrarse que las fuerzas se aplican de una manera particular en este documento, tal como presionar contra una pieza de trabajo objetivo estacionaria desde arriba, se incluyen otras variantes de aplicación de fuerza dentro de los conceptos actuales, tales como, entre otros, estirando de una pieza móvil (por ejemplo, W1) hacia una pieza de trabajo estacionaria (por ejemplo, W2) de manera similar.

Con referencia a la figura 12, un ejemplo, que por sí mismo no forma parte de la invención, ilustra nuevas condiciones para iniciar un movimiento de soldadura basado en tasas de cambio de parámetros. Como se describe con más detalle anteriormente, una condición predeterminada para iniciar un movimiento de soldadura incluye cruzar un umbral prescrito de un parámetro detectado, tal como un parámetro de fuerza. Además, se inicia un movimiento de soldadura cuando la condición predeterminada se basa en cruzar un umbral prescrito de la tasa de cambio del parámetro detectado.

Por ejemplo, el movimiento de soldadura se retrasa hasta que la tasa de tiempo de cambio de la fuerza cruza un nivel especificado o predeterminado. De acuerdo con el ejemplo específico de la figura 12, "0" (cero) en el eje de tiempo corresponde al inicio de vibraciones por ultrasonidos, y la condición para iniciar el movimiento de soldadura es la tasa de fuerza de cambio que cae a un nivel prescrito. El gráfico de distancia trazada en función del tiempo indica que una prensa de soldadura permanece estacionaria durante una fase inicial de la soldadura. Durante esta fase inicial, una fuerza de presión inicialmente se eleva desde una fuerza inicial  $F_i$ , llega a un vértice, y luego cae cuando un material plástico de las partes soldadas se ablanda y comienza a fundirse. Un gráfico correspondiente de la tasa de cambio de fuerza, que es la pendiente de la curva de fuerza, muestra que la tasa de cambio de fuerza es inicialmente positiva, luego disminuye a "0" (cero) y, posteriormente, se vuelve negativa. Cuando la tasa de cambio de fuerza alcanza un nivel predeterminado  $-F_d'$ , se inicia el movimiento de soldadura. En el ejemplo de la figura 12, el movimiento de soldadura se representa mediante un aumento lineal en la distancia más allá del tiempo  $t_1$ .



De acuerdo con otros ejemplos, las tasas de cambio de otros parámetros se pueden utilizar como una base para la condición predeterminada. Por ejemplo, las tasas de cambio pueden incluir una tasa de cambio de potencia de entrada para un transductor, una tasa de cambio de frecuencia para una pila ultrasónica y/o una tasa de cambio de fase para un transductor.

5 De acuerdo con una realización de ejemplo A1, un sensor detecta la tasa de cambio de una entrada de potencia a un transductor de una pila de soldadura por ultrasonidos y una condición predeterminada es uno o más de un tipo especificado de cambio de potencia o una tasa especificada de cambio de potencia acumulativa.

De acuerdo con otro ejemplo de realización A2, un sensor detecta una tasa de cambio de una frecuencia de una pila de soldadura por ultrasonidos y una condición predeterminada es una tasa especificada de cambio de frecuencia.

10 De acuerdo con otra realización ejemplar A3, un sensor detecta una tasa de cambio de una fase de un transductor de una pila de soldadura por ultrasonidos y una condición predeterminada es una tasa de cambio de fase especificada.

15 De acuerdo con otra realización de ejemplo A4, un sensor detecta una tasa de cambio de una salida de la fuerza por un elemento móvil del actuador lineal y una condición predeterminada es una tasa especificada de cambio de la fuerza.

De acuerdo con otro ejemplo de realización A5, un sensor detecta una tasa de cambio de un par de salida de un servomotor y una condición predeterminada es una tasa especificada de cambio de par de salida.

20 Con referencia a la figura 13, se describe con más detalle una mejora ilustrativa de las condiciones para iniciar un movimiento de soldadura, que por sí mismo no forma parte de la invención. Los criterios descritos anteriormente para iniciar un movimiento de soldadura son suficientes para afectar positivamente el proceso de soldadura en la mayoría de los casos. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, incluso cuando un sistema de soldadura no se ha programado de una manera óptima basada en la falta de experiencia del operador, los beneficios de iniciar el movimiento de soldadura pueden no realizarse completamente. Según un ejemplo específico, si la condición predeterminada para iniciar el movimiento de soldadura es una fuerza específica  $X_1$  y la diferencia  $dX$  entre la fuerza especificada  $X_1$  y una fuerza inicial positiva predeterminada  $X_0$  se programa para que sea demasiado pequeña, se puede alcanzar la fuerza especificada  $X_1$  antes de que transcurra el tiempo suficiente para que la amplitud de la pila ultrasónica se incremente hasta un nivel suficientemente alto para causar la fusión. Por ejemplo, una razón para alcanzar la fuerza especificada  $X_1$  demasiado pronto es la fluctuación en la fuerza causada por cambios sutiles en la alineación de las piezas de trabajo cuando se inician las vibraciones por ultrasonidos.

30 Para aumentar la probabilidad de realizar plenamente los beneficios de retrasar el movimiento de soldadura, los criterios para retrasar el movimiento de la soldadura se pueden mejorar mediante la combinación de varias condiciones. Por ejemplo, en lugar de depender de una sola condición, el movimiento de soldadura se inicia utilizando múltiples condiciones basadas en la entrada de múltiples sensores. A modo de ejemplo, el movimiento de soldadura se retrasa hasta que se cumplan las dos condiciones siguientes: (a) la fuerza disminuye por debajo de un umbral específico, y (b) la amplitud de los ultrasonidos aumenta por encima de un umbral específico. En este ejemplo, se evita un inicio prematuro del movimiento de soldadura, que puede ocurrir con un criterio estrictamente basado en la fuerza, asegurando que se transfiere una cantidad apreciable de energía a las partes para comenzar la fusión.

40 Un ejemplo de este tipo se ilustra en la figura 13, que muestra gráficos de la distancia de soldadura representada en función del tiempo, fuerza representada en función del tiempo, y amplitud de ultrasonidos representada en función del tiempo. "0" (cero) en el eje del tiempo corresponde al inicio de las vibraciones por ultrasonidos. La prensa es estacionaria durante la fase inicial de la soldadura, como lo indica el gráfico de distancia en función del tiempo. Durante esta fase, la fuerza de presión aumenta desde la fuerza inicial  $F_i$ , alcanza un vértice, luego cae a medida que el material plástico de las partes que se sueldan se ablanda y se funde. Al mismo tiempo, la amplitud de los ultrasonidos aumenta con el tiempo a una velocidad predeterminada de "0" (cero) a una amplitud de soldadura programada  $A_w$ . Aunque la fuerza disminuye por debajo de un nivel prescrito  $F_d$  en  $t_1$ , el movimiento de soldadura se retrasa hasta que la amplitud aumenta por encima de un nivel prescrito  $A_d$ , que se produce en el tiempo  $t_2$ . Sigue el movimiento de soldadura programado, que en este caso se representa mediante un aumento lineal en la distancia más allá del tiempo  $t_2$ . De acuerdo con otros ejemplos, se pueden usar otras combinaciones de condiciones para lograr beneficios similares.

55 Según una realización B1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además al menos dos sensores para detectar variables de control y para emitir señales correspondientes a las variables de control al controlador. El controlador hace que la pila de

soldadura por ultrasonidos aplique una fuerza inicial positiva predeterminada a al menos una pieza de trabajo antes del inicio de la soldadura e inicie el movimiento posterior de la pila de soldadura por ultrasonidos, después del inicio de la soldadura, solo después de que la señal salga de los al menos dos sensores que indican que una combinación de variables de control satisface una condición predeterminada.

5 De acuerdo con otro ejemplo de realización B2, los sensores de la realización B1 detectan una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y la amplitud de la pila ultrasónica. La condición predeterminada incluye tanto una fuerza especificada como una amplitud especificada.

10 De acuerdo con otro ejemplo de realización B3, los sensores de la realización B1 detectan una salida de fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición predeterminada incluye tanto una fuerza especificada como una potencia especificada.

De acuerdo con otro ejemplo de realización B4, los sensores de la realización B1 detectan una salida de fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición predeterminada incluye tanto una fuerza especificada como una potencia acumulativa especificada.

15 De acuerdo con otro ejemplo de realización B5, un sensor de la realización B1 detecta una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y otro sensor de la realización B1 sigue el tiempo transcurrido después del inicio de la soldadura. La condición predeterminada incluye tanto una fuerza especificada como un tiempo transcurrido especificado.

20 De acuerdo con otro ejemplo de realización B6, los sensores de la realización B1 detectan un par de salida del servomotor y una amplitud de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición predeterminada incluye tanto un par de salida especificado como una amplitud específica.

De acuerdo con otro ejemplo de realización B7, los sensores de la realización B1 detectan un par de salida del servomotor y una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición predeterminada incluye tanto un par de salida especificado como una potencia especificada.

25 De acuerdo con otro ejemplo de realización B8, los sensores de la realización B1 detectan un par de salida del servomotor y una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición predeterminada incluye un par de salida especificado y una potencia acumulada especificada.

30 De acuerdo con otro ejemplo de realización B9, un sensor de la realización B1 detecta un par de salida del servomotor y otro sensor rastrea el tiempo transcurrido después del inicio de la soldadura. La condición predeterminada incluye tanto un par de salida especificado como un tiempo transcurrido especificado.

35 De acuerdo con otro ejemplo de realización B10, los sensores de la realización B1 detectan uno o más de una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal, un par de salida del servomotor, una amplitud de la pila de soldadura por ultrasonidos, una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos, una entrada de potencia acumulada a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos, una frecuencia de la pila de soldadura por ultrasonidos, y una fase de un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos, y/o uno o más de los sensores rastrean el tiempo transcurrido después del inicio de la soldadura. La condición predeterminada incluye satisfacer simultáneamente dos criterios, que incluyen un primer criterio y un segundo criterio, y cada criterio está asociado con distintas variables de control detectadas. El primer criterio incluye uno de una fuerza específica, par de salida, amplitud, potencia, potencia acumulada, frecuencia, fase o tiempo transcurrido. El segundo criterio incluye uno de una fuerza específica, par de salida, amplitud, potencia, potencia acumulada, frecuencia, fase o tiempo transcurrido.

45 Con referencia a la figura 14, una realización de la invención incluye retrasar el movimiento de soldadura después de que ya se haya producido algún movimiento de soldadura. Como se describió anteriormente, un sistema de soldadura por ultrasonidos que emplea un movimiento retardado se aplica a la etapa inicial de la fase de soldadura, donde las partes de plástico que se están uniendo comienzan a fundirse. Sin embargo, para algunas aplicaciones, esta técnica también puede ser beneficiosa cuando se utiliza durante una o más últimas fases de la soldadura. Por ejemplo, en partes de plástico donde, por diseño, hay más volumen de material para fundir en un área en relación con otras áreas, la velocidad de fusión puede no ser uniforme, lo que da como resultado secciones soldadas de manera desigual. En tales casos, la uniformidad general de la soldadura se mejora suspendiendo temporalmente el movimiento de la soldadura (por ejemplo, manteniendo la posición de la pila de soldadura) hasta que la fuerza disminuye en una cantidad prescrita y se produce una fusión adicional en las áreas de material concentrado.

55 A modo de un ejemplo específico, ilustrado en la figura 14, los gráficos de la distancia de soldadura y la fuerza trazada en función del tiempo se muestran para una soldadura con dos fases de retardo de movimiento. "0" (cero) en el eje del tiempo corresponde al inicio de vibraciones por ultrasonidos. El primer retardo que se produce en el intervalo de tiempo entre el tiempo "0" y  $t_1$  es generalmente similar a los retardos de soldadura descritos anteriormente. El segundo retardo se produce después de que ya se haya producido algún movimiento de soldadura. En esta realización, el segundo retardo se inicia cuando la fuerza alcanza un nivel prescrito  $F_{d2i}$ , que se

representa en el tiempo  $t_2$ , y el segundo retardo se termina cuando la fuerza disminuye en una cantidad prescrita  $\Delta F_{d2}$ , a  $F_{d2t}$ , que se representa en el tiempo  $t_3$ .

5 El segundo retardo de movimiento puede ser iniciado por uno o más de un número de parámetros, incluyendo, por ejemplo, un umbral de fuerza, un umbral de potencia, un umbral de potencia acumulativa, y/o una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura. El segundo retardo de movimiento se puede terminar con uno o más de varios parámetros, que incluyen, por ejemplo, un cambio en la fuerza o potencia del nivel detectado en el momento de la condición de inicio y/o la cantidad de tiempo que transcurre desde el momento de la condición de inicio. El número de veces que el movimiento de soldadura se puede retrasar en un solo ciclo de soldadura puede variar desde un solo retardo hasta numerosos retardos, según sea necesario, según los requisitos específicos de soldadura.  
10 Además, el retardo en el inicio de las vibraciones por ultrasonidos se puede omitir mientras que uno o varios retardos se emplean posteriormente después de que ya se haya producido algún movimiento de soldadura.

15 De acuerdo con una realización de ejemplo C1, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos montado para movimiento lineal y aplicar una fuerza de controlador, velocidad, o una combinación de fuerza y velocidad para una primera pieza de trabajo para empujar la primera pieza de trabajo contra una segunda pieza de trabajo a la que se une la primera pieza de trabajo. El sistema también incluye un actuador lineal eléctrico que incluye un elemento móvil acoplado a la pila de soldadura por ultrasonidos, haciendo que el actuador lineal eléctrico, en respuesta a las entradas de control, el elemento móvil y la pila de soldadura por ultrasonidos se muevan con una fuerza, velocidad o fuerza y velocidad controladas. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control a al menos uno del actuador lineal alimentado eléctricamente o el servomotor para controlar una salida del actuador lineal alimentado eléctricamente. El sistema incluye además uno o más sensores para medir al menos una variable de control correspondiente y para emitir una señal correspondiente a la variable de control al controlador. El controlador, basado en la señal de salida de al menos un sensor, hace que el elemento móvil del actuador lineal alimentado eléctricamente detenga el movimiento y mantenga una posición estacionaria, posterior a cualquier movimiento de soldadura anterior, desde una condición de inicio de retardo predeterminado hasta una condición de terminación del retardo predeterminado. El controlador, basado en la señal de salida de al menos un sensor que indica que se ha cumplido la condición de terminación de retardo predeterminado, hace que el actuador lineal alimentado eléctricamente reanude el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos de acuerdo con un perfil de soldadura predeterminado o un perfil de soldadura seleccionado de una pluralidad de perfiles de soldadura disponibles.  
20  
25

30 De acuerdo con otro ejemplo de realización C2, al menos un sensor de la realización C1 detecta una salida de la fuerza mediante el elemento móvil del actuador lineal. La condición de inicio de retardo predeterminada es una fuerza especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un cambio específico en la fuerza desde el nivel detectado en el momento de la condición de inicio.

35 De acuerdo con otro ejemplo de realización C3, al menos un sensor de la realización C1 detecta una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura y una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal. La condición de inicio de retardo predeterminada es una distancia especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un cambio específico en la fuerza desde el nivel detectado en el momento de la condición de inicio.

40 De acuerdo con otro ejemplo de realización C4, al menos un sensor de la realización C1 detecta una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos y una salida de la fuerza por el elemento móvil lineal. La condición de inicio de retardo predeterminada es una potencia especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un cambio específico en la fuerza desde el nivel detectado en el momento de la condición de inicio.

45 De acuerdo con otro ejemplo de realización C5, al menos un sensor de la realización C1 detecta una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La condición de inicio de retardo predeterminada es una potencia especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un cambio específico en la potencia desde el nivel detectado en el momento de la condición de inicio.

50 De acuerdo con otro ejemplo de realización C6, al menos un sensor de la realización C1 detecta una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos y una salida de la fuerza por el elemento móvil lineal. La condición de inicio de retardo predeterminada es una potencia especificada acumulativa y la condición de terminación de retardo predeterminada es un cambio específico en la fuerza desde el nivel detectado en el momento de la condición de inicio.

55 De acuerdo con otro ejemplo de realización C7, un sensor de la realización C1 detecta una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y otro sensor rastrea el tiempo transcurrido desde el momento de la demora de la condición de inicio. La condición de inicio de retardo predeterminada es una fuerza especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un tiempo transcurrido especificado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización C8, un sensor de la realización C1 detecta una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura y otro sensor de la realización C1 rastrea el tiempo transcurrido desde el momento de la

condición de inicio de retardo. La condición de inicio de retardo predeterminada es una distancia especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un tiempo transcurrido especificado.

5 De acuerdo con otra realización de ejemplo C9, un sensor de la realización C1 detecta una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos y otro sensor de la realización C1 rastrea el tiempo transcurrido desde el momento de la condición de inicio de retardo. La condición de retardo predeterminada es una potencia especificada y la condición de terminación de retardo predeterminada es un tiempo transcurrido especificado.

10 De acuerdo con otro ejemplo de realización C10, un sensor de la realización C1 detecta una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos y otro sensor de la realización C1 rastrea el tiempo transcurrido desde el momento de la condición de inicio de demora. La condición de inicio de retardo predeterminada es una potencia especificada acumulativa y la condición de terminación de retardo predeterminada es un tiempo transcurrido especificado.

15 De acuerdo con otro ejemplo de realización C11, uno o más sensores de realización C1 detectan una o más de una salida de fuerza por el elemento móvil del actuador lineal, un par de salida del servomotor, una posición de la pila ultrasónica, una distancia atravesada desde el inicio de la soldadura, una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos, una entrada de potencia acumulada a un transductor de la pila ultrasónica, una frecuencia de la pila ultrasónica, y una fase de un transductor de la pila ultrasónica, y/o uno o más sensores de la realización C1 rastrean el tiempo transcurrido después del inicio de la soldadura. La condición de inicio de retardo predeterminada incluye uno o más de una fuerza específica, un par de salida, una posición, una distancia, una potencia, una potencia acumulada, una frecuencia, una fase y/o un tiempo transcurrido. La condición de terminación de retardo predeterminada incluye uno o más de un valor absoluto o relativo especificado de una fuerza, un par de salida, una potencia, una potencia acumulada, una frecuencia, una fase y/o un tiempo transcurrido. La referencia para un valor relativo es el nivel del parámetro particular detectado en el momento de la condición de inicio.

20

25 De acuerdo con otro ejemplo de realización C12, uno o más sensores de realización C1 detectan los valores actuales y las tasas de cambio de una o más de una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal, un par de salida del servomotor, una posición de la pila ultrasónica, una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura, una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos, una entrada de potencia acumulada hasta un transductor de la pila ultrasónica, una frecuencia de la pila ultrasónica, una fase de un transductor de la pila ultrasónica, y/o uno o más sensores de la realización C1 siguen el tiempo transcurrido después del inicio de la soldadura. La condición de inicio de retardo predeterminada incluye uno o más de una fuerza específica, un par de salida, una posición, una distancia, una potencia, una potencia acumulada, una frecuencia, una fase y/o un tiempo transcurrido. La condición de terminación de retardo predeterminada incluye uno o más de una tasa de cambio especificada de una fuerza, un par de salida, una potencia, una potencia acumulada, una frecuencia y/o una fase.

30

35 Con referencia a la figura 15, un concepto, que no forma parte de la invención, incluye el ajuste dinámico de la velocidad para reducir cambios rápidos en la fuerza. Cuando se controla la velocidad de movimiento de una pila ultrasónica durante las fases de soldadura y retención (solidificación) de un ciclo de unión, la fuerza resultante entre las piezas de trabajo varía de acuerdo con las condiciones cambiantes de las partes que se sueldan. En algunos casos, la tasa de cambio en la fuerza, positiva o negativa, es alta y puede tener efectos perjudiciales en la calidad de la soldadura. Para reducir esta tasa de cambio, la velocidad de la prensa puede ser ajustada dinámicamente por el sistema de soldadura.

40

45 Si se detecta que la fuerza está aumentando a una tasa excesivamente alta, la prensa reduce automáticamente la velocidad. A la inversa, si la fuerza disminuye a una tasa excesivamente alta, la prensa aumenta automáticamente la velocidad. La condición para iniciar un cambio de velocidad automático es una tasa especificada de cambio en la fuerza. La cantidad de cambio de velocidad puede ser una fracción predeterminada o un factor múltiple de la velocidad actual. Por ejemplo, el cambio de velocidad puede incluir una reducción en la velocidad del 100 % en relación con la velocidad actual, o puede incluir un aumento en la velocidad que exceda el 100 % de la velocidad actual.

50 Alternativamente, la cantidad de cambio de velocidad se pueden asignar dinámicamente en proporción a una velocidad detectada de cambio de la fuerza. En otras palabras, se ordenaría un cambio de velocidad mayor para una mayor tasa de cambio en la fuerza. Se pueden usar varias condiciones para terminar el cambio de velocidad, incluyendo, por ejemplo, cruzar un nivel prescrito en la tasa de cambio de fuerza y/o un retorno de la tasa de cambio de fuerza al nivel en el que se inició el cambio de velocidad.

55 De acuerdo con el ejemplo ilustrado en la figura 15, los gráficos de la velocidad de la soldadura, la fuerza y la tasa de cambio de la fuerza en función del tiempo ilustran una soldadura (a) sin y (b) con ajuste dinámico de velocidad. Con referencia a la soldadura sin el ajuste dinámico de la velocidad, la velocidad durante la soldadura es constante en  $S_w$ , lo que resulta en un aumento continuo en la tasa de fuerza de cambio según lo determinado por la pendiente de la curva de fuerza. Cuando se emplea el ajuste dinámico de velocidad, la velocidad se reduce automáticamente a un nivel prescrito de  $0,5 S_w$  (es decir, la mitad de  $S_w$ ) cuando la tasa de cambio de la fuerza aumenta a un nivel

prescrito  $F_1'$ , que se representa en el tiempo  $t_1$ . Esta reducción causa posteriormente una disminución en la tasa de cambio de fuerza hasta que alcanza un valor prescrito de "0" (cero), que se representa en el tiempo  $t_2$ . La velocidad, entonces, se revierte automáticamente a la velocidad de soldadura programada  $S_w$ .

5 Según una realización D1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al  
10 menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además un sensor para detectar la fuerza en las partes que se están uniendo y para enviar la fuerza al controlador. El controlador hace que la pila de soldadura por ultrasonidos, después del inicio de la soldadura, cambie automáticamente la velocidad de movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos desde una condición de inicio de cambio de velocidad, basada en un valor predeterminado de la tasa de cambio de fuerza, hasta una velocidad cambio de condición de terminación, basado en un valor diferente de la tasa de cambio de fuerza.  
15

De acuerdo con otra realización de ejemplo D2, la condición de inicio de la realización D1 es un aumento en la tasa de cambio de la fuerza por encima de un nivel predeterminado. La velocidad se reduce a una fracción de la velocidad programada o a cero.

20 De acuerdo con otro ejemplo de realización D3, la condición de inicio de la realización D1 es una disminución en la tasa de cambio de la fuerza por debajo de un nivel predeterminado. La velocidad aumenta en un factor mayor que 1 en relación con la velocidad programada.

De acuerdo con otro ejemplo de realización D4, la condición de terminación de la realización D1 es una disminución de la tasa de cambio de la fuerza por debajo de un nivel predeterminado.

25 De acuerdo con otra realización de ejemplo D5, la condición de terminación de la realización D1 es un aumento en la tasa de cambio de la fuerza por encima de un nivel predeterminado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización D6, la condición de terminación de la realización D1 es un retorno de la tasa de cambio de la fuerza para el nivel de la condición de iniciación.

30 Con referencia a la figura 16, otro concepto, que no forma parte de la invención, incluye el ajuste dinámico de la velocidad para limitar las fuerzas durante un ciclo de soldadura. Durante las fases de soldadura y retención (solidificación), es beneficioso en algunos casos evitar que la fuerza entre las partes que se unen se vuelva excesivamente grande o demasiado pequeña. Cuando se controla directamente la velocidad de movimiento de la pila ultrasónica, la fuerza puede verse influida por el cambio automático de la velocidad en función de un algoritmo y la entrada de un sensor de fuerza. Si la fuerza aumenta a un nivel superior predeterminado, la velocidad de la prensa se reduce. A la inversa, si la fuerza disminuye a un nivel inferior predeterminado, la velocidad de la prensa  
35 aumenta.

La cantidad de cambio de velocidad puede ser una fracción predeterminada o un factor múltiple de la velocidad actual. A modo de ejemplo, la cantidad de cambio de velocidad una reducción en la velocidad del 100 % en relación con la velocidad actual o un aumento en la velocidad que exceda el 100 % de la velocidad actual.

40 De acuerdo con el ejemplo ilustrado en la figura 16, los gráficos de la velocidad y la fuerza de la soldadura se trazan en función del tiempo e ilustran una soldadura sin (a) y (b) con ajuste de velocidad dinámico. Con referencia a la soldadura sin el ajuste dinámico de la velocidad, la velocidad durante la soldadura es constante en  $S_w$ , lo que resulta en un aumento continuo en la fuerza. Cuando se emplea el ajuste de velocidad dinámico, la velocidad se reduce automáticamente a un nivel prescrito de  $0,5 S_w$  cuando la fuerza alcanza el valor superior predeterminado  $F_u$ , que se representa en el tiempo  $t_1$ . Posteriormente, a medida que la soldadura continúa a la velocidad reducida, la fuerza disminuye y eventualmente alcanza el valor inferior predeterminado  $F_1$ , que se representa en el tiempo  $t_2$ . En este  
45 momento, la velocidad vuelve automáticamente a la velocidad de soldadura programada  $S_w$ .

Con referencia a la soldadura con el ajuste dinámico de la velocidad, el enfoque de cambiar la velocidad una vez que la fuerza alcanza niveles predeterminados puede resultar en un exceso en la fuerza por encima y/o por debajo de los niveles predeterminados porque los cambios de velocidad no son instantáneos. Si se desea un control más estricto o evitar el rebasamiento, el algoritmo de ajuste automático de la velocidad (que utiliza otros parámetros de entrada además de la fuerza) puede configurarse para pronosticar el tiempo y la magnitud de los cambios de velocidad necesarios para evitar el rebasamiento y, por lo tanto, mantener la fuerza dentro de los límites predeterminados. Los parámetros de entrada adicionales ejemplares incluyen, pero no se limitan a, la tasa de cambio de fuerza y/o la tasa de cambio de potencia de ultrasonidos.

55 Según una realización E1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila

- de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además uno o más sensores para detectar al menos una variable de control y para emitir al menos una señal correspondiente a la al menos una variable de control para el controlador. El controlador hace que la pila de soldadura por ultrasonidos, después del inicio de la soldadura, cambie automáticamente la velocidad de movimiento de la pila ultrasónica desde una condición de inicio de cambio de velocidad, basada en un valor predeterminado de la variable de control, hasta una condición de terminación de cambio de velocidad, basada en un valor diferente de la variable de control.
- 5 De acuerdo con otro ejemplo de realización E2, uno o más sensores de la realización E1 detectan una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal. La condición de inicio es un aumento de la fuerza por encima de un nivel predeterminado y la condición de terminación es una disminución de la fuerza por debajo de un nivel predeterminado.
- 10 De acuerdo con otra realización de ejemplo E3, uno o más sensores de la realización E1 detectan una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal. La condición de inicio es una disminución de la fuerza por debajo de un nivel predeterminado y la condición de terminación es un aumento de la fuerza por encima de un nivel predeterminado.
- 15 De acuerdo con otro ejemplo de realización E4, uno o más sensores de la realización E1 detectan una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal y una entrada de potencia a la pila ultrasónica. La condición de inicio es una primera función basada en la entrada de uno o más de los sensores, y la condición de terminación es una segunda función basada en la entrada de uno o más de los sensores.
- 20 De acuerdo con otra realización de ejemplo E5, uno o más sensores de la realización E1 detectan una salida de la fuerza por el elemento móvil del actuador lineal, una entrada de potencia a la pila de soldadura por ultrasonidos, o ambos la salida de la fuerza y la potencia de entrada. La condición de inicio es una primera función y la condición de terminación es una segunda función. La primera función se basa en la entrada de al menos un sensor, la tasa de cambio de la salida de al menos un sensor, o una combinación de los mismos. La segunda función, que es distinta de la primera, se basa en la entrada de al menos un sensor, la tasa de cambio de la salida de al menos un sensor, o una combinación de los mismos.
- 25 Con referencia a la figura 17, otro concepto más, que no forma parte de la invención, incluye la aceleración de la velocidad al inicio de una soldadura. En una soldadura por ultrasonidos típica, la amplitud de la vibración se incrementa gradualmente desde cero al inicio de la soldadura hasta una amplitud de soldadura predeterminada, con una tasa de aumento generalmente constante. Durante el intervalo de aumento de amplitud, la cantidad de energía por ultrasonidos disponible para ser transferida a las partes a soldar es limitada. Si la prensa está programada para desplazarse a una velocidad constante mientras la amplitud está aumentando, el plástico puede no fundirse lo suficientemente rápido (lo que puede causar que la fuerza entre las partes sea excesivamente alta). Las técnicas de retardo de movimiento descritas anteriormente son formas efectivas de prevenir la acumulación de fuerza.
- 30 Sin embargo, una técnica adicional o alternativa, que no requiere un sensor de fuerza, es aumentar gradualmente la velocidad desde un valor inicial bajo (incluyendo cero) a la velocidad de soldadura prescrita. Como se ilustra en la figura 17, un ejemplo está dirigido a aumentar la velocidad en proporción directa a la amplitud real de los ultrasonidos. De acuerdo con los gráficos ilustrados de la amplitud y la velocidad de los ultrasonidos trazados en función del tiempo, la amplitud del ultrasonido es cero y la velocidad está en un nivel bajo de Si cuando las vibraciones por ultrasonidos se inician al inicio de la soldadura (en el momento "0").
- 35 Como la amplitud de ultrasonidos aumenta con el tiempo, la velocidad aumenta proporcionalmente hasta que la amplitud de los ultrasonidos alcanza la amplitud de soldadura  $A_w$  y la velocidad llega al mismo tiempo una velocidad de soldadura  $S_w$  (en el tiempo  $t_1$ ). Otra variación de esta característica es hacer que la aceleración de la velocidad sea una función no lineal de la amplitud (por ejemplo, una función polinomial). La función de aumento de velocidad también puede ser una función lineal o no lineal de otro parámetro detectado, tal como (pero no limitado a) la potencia de los ultrasonidos. Aunque el caso de una velocidad de soldadura constante se representa en la figura 17 (como se indica después del tiempo  $t_1$ ), esta característica se puede aplicar a las soldaduras en las que la velocidad es variable después del período de aceleración o donde se controla la fuerza de presión (en lugar de la velocidad).
- 40 Como la amplitud de ultrasonidos aumenta con el tiempo, la velocidad aumenta proporcionalmente hasta que la amplitud de los ultrasonidos alcanza la amplitud de soldadura  $A_w$  y la velocidad llega al mismo tiempo una velocidad de soldadura  $S_w$  (en el tiempo  $t_1$ ). Otra variación de esta característica es hacer que la aceleración de la velocidad sea una función no lineal de la amplitud (por ejemplo, una función polinomial). La función de aumento de velocidad también puede ser una función lineal o no lineal de otro parámetro detectado, tal como (pero no limitado a) la potencia de los ultrasonidos. Aunque el caso de una velocidad de soldadura constante se representa en la figura 17 (como se indica después del tiempo  $t_1$ ), esta característica se puede aplicar a las soldaduras en las que la velocidad es variable después del período de aceleración o donde se controla la fuerza de presión (en lugar de la velocidad).
- 45 Según una realización F1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además al menos un sensor para detectar al menos una variable de control y para emitir al menos una señal correspondiente a la al menos una variable de control para el controlador. El controlador hace que la pila de soldadura por ultrasonidos, al iniciarse la soldadura, cambie automáticamente la
- 50 Según una realización F1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además al menos un sensor para detectar al menos una variable de control y para emitir al menos una señal correspondiente a la al menos una variable de control para el controlador. El controlador hace que la pila de soldadura por ultrasonidos, al iniciarse la soldadura, cambie automáticamente la
- 55 Según una realización F1 ejemplar, un sistema de soldadura por ultrasonidos incluye una pila de soldadura por ultrasonidos móvil para mover y aplicar la energía vibratoria al menos una pieza de trabajo que responde a entradas de control. El sistema también incluye un sistema de control de movimiento para controlar un movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos. El sistema incluye además un controlador para proporcionar entradas de control al sistema de control de movimiento asociado con la pila de soldadura por ultrasonidos para controlar el movimiento de la pila de soldadura por ultrasonidos y para controlar una salida de la pila de soldadura por ultrasonidos a la al menos una pieza de trabajo. El sistema incluye además al menos un sensor para detectar al menos una variable de control y para emitir al menos una señal correspondiente a la al menos una variable de control para el controlador. El controlador hace que la pila de soldadura por ultrasonidos, al iniciarse la soldadura, cambie automáticamente la

velocidad de movimiento de la pila ultrasónica en función de la variable de control hasta que la variable de control alcance un valor predeterminado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización F2, el sensor de la realización F1 detecta una amplitud de ultrasonidos de la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es linealmente proporcional a la amplitud de los ultrasonidos.

5 De acuerdo con otro ejemplo de realización F3, el sensor de la realización F1 detecta una entrada de potencia a la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es linealmente proporcional a la entrada de potencia.

De acuerdo con aún otro ejemplo de realización F4, el sensor de la realización F1 detecta una amplitud de ultrasonidos de la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es una función no lineal de la amplitud de los ultrasonidos.

10 De acuerdo con otro ejemplo de realización F5, el sensor de la realización F1 detecta una entrada de potencia a la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es una función no lineal de la entrada de potencia.

De acuerdo con otro ejemplo de realización F6, uno o más sensores de la realización F1 detectan una o más de una frecuencia de la pila ultrasónica y una fase de un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es una función lineal o no lineal de la frecuencia y/o fase.

15 De acuerdo con otro ejemplo de realización F7, uno o más sensores de la realización F1 detectan uno o más de una amplitud de los ultrasonidos de la pila de soldadura por ultrasonidos, una entrada de potencia a la pila de soldadura por ultrasonidos, una frecuencia de la pila de soldadura por ultrasonidos, y una fase de un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos. La velocidad es una función lineal o no lineal de cualquier combinación que incluye una o más de la amplitud, potencia, frecuencia, fase, tasa de cambio de amplitud, tasa de cambio de potencia, tasa de cambio de frecuencia y/o tasa de cambio de fase.

20

Aunque se han ilustrado y descrito implementaciones y aplicaciones particulares de la presente divulgación, debe entenderse que esta divulgación no se limita a la construcción y a las composiciones precisas descritas en el presente documento y que varias modificaciones, cambios y variaciones pueden ser evidentes a partir de las descripciones anteriores sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de soldadura por ultrasonidos, que comprende:

una pila de soldadura por ultrasonidos (10) móvil, en respuesta a entradas de control, para iniciar una operación de soldadura aplicando energía vibratoria a una pieza de trabajo;

5 uno o más sensores (32, 36) adaptados para medir al menos una variable de control y para emitir una señal de control correspondiente a la al menos una variable de control; y

un sistema de control de movimiento (34) acoplado y adaptado para causar un movimiento de avance controlado de la pila de soldadura por ultrasonidos (10), el sistema de control de movimiento (34) responde a las entradas de control basadas en una o más señales de control recibidas desde el uno o más sensores (32, 36) para iniciar la operación de soldadura, en el que

el sistema de control de movimiento (34) está adaptado para realizar las siguientes etapas:

después del inicio de la operación de soldadura, opcionalmente retrasar inicialmente cualquier movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) hasta que una o más de las señales de control indiquen que las respectivas variables de control satisfacen una condición predeterminada,

15 después del retardo inicial opcional y en respuesta a la satisfacción de la condición predeterminada, hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) avance de acuerdo con un perfil de soldadura,

caracterizado por que el sistema de control de movimiento (34) está adaptado para realizar las siguientes etapas: después de que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) se mueva de acuerdo con el perfil de soldadura,

20 hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) detenga el movimiento de avance y mantenga una posición estacionaria en respuesta a la aparición de una condición de inicio de retardo predeterminada, y

en respuesta a la aparición de una condición de terminación de retardo predeterminada, reanudar el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) de acuerdo con el perfil de soldadura,

en el que la energía vibratoria continúa aplicándose a dicha pieza de trabajo mientras que dicha pila de soldadura por ultrasonidos (10) se detiene y mientras continúa el movimiento de avance de la pila de soldadura (10).

25 2. El sistema de soldadura por ultrasonidos de la reivindicación 1, en el que el sistema de control de movimiento (34) está adaptado para realizar también, después de reanudar el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10), las siguientes etapas:

30 hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) detenga el movimiento de avance al menos una vez más y mantenga otra posición estacionaria en respuesta a la aparición de otra o más condiciones predeterminadas de inicio de retardo; y

en respuesta a la aparición de otra o más condiciones de terminación de retardo predeterminadas, se reanuda nuevamente el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) de acuerdo con el perfil de soldadura.

35 3. El sistema de soldadura por ultrasonidos de la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los uno o más sensores está adaptado para detectar una salida de fuerza por el elemento móvil del actuador lineal, siendo la condición predeterminada de inicio de retardo una fuerza específica, siendo la condición predeterminada de terminación de retardo un cambio en la fuerza especificado en relación con la fuerza especificada.

40 4. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el uno o más sensores están adaptados para detectar una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura y una salida de fuerza por un elemento móvil de actuador lineal, siendo la condición predeterminada de inicio de retardo una especificada distancia, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un cambio específico en la fuerza con respecto a una fuerza detectada en el momento de la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada.

45 5. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que uno o más sensores están adaptados para detectar una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) y una salida de fuerza mediante un elemento móvil de actuador lineal, siendo la condición de inicio de retardo predeterminado una potencia especificada, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un cambio específico en la fuerza con respecto a una fuerza detectada en el momento de la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada.

50 6. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que al menos uno de los uno o más sensores está adaptado para detectar una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10), siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una potencia específica, siendo la



condición de terminación de retardo predeterminada un cambio específico en la potencia en relación con la potencia especificada.

5 7. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que uno o más sensores están adaptados para detectar una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) y una salida de fuerza por un elemento móvil de actuador lineal, siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una potencia acumulada especificada, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un cambio de fuerza específico en relación con una fuerza detectada en el momento de la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada.

10 8. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que uno de los uno o más sensores está adaptado para detectar una salida de fuerza mediante un elemento móvil lineal y otro del uno o más sensores rastrea el tiempo transcurrido desde la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada, siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una fuerza especificada, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un tiempo transcurrido especificado.

15 9. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que uno de los uno o más sensores está adaptado para detectar una distancia recorrida desde el inicio de la soldadura y otro del uno o más sensores rastrea el tiempo transcurrido desde la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminado, siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una distancia especificada, siendo la condición de finalización de retardo predeterminada un tiempo transcurrido especificado.

20 10. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que uno del uno o más sensores está adaptado para detectar una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) y otro del uno o más sensores rastrea el tiempo transcurrido a partir de la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada, siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una potencia especificada, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un tiempo transcurrido especificado.

25 11. El sistema de soldadura por ultrasonidos de una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que uno del uno o más sensores está adaptado para detectar una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) y otro del uno o más sensores rastrea el tiempo transcurrido a partir de la aparición de la condición de inicio de retardo predeterminada, siendo la condición de inicio de retardo predeterminada una potencia acumulada especificada, siendo la condición de terminación de retardo predeterminada un tiempo transcurrido especificado.

30 12. Un método para una operación de soldadura, comprendiendo el método:

iniciar una operación de soldadura moviendo, en respuesta a las entradas de control, una pila de soldadura por ultrasonidos (10) para aplicar energía de vibración a una pieza de trabajo;

medir, a través de uno o más sensores (32, 36), al menos una variable de control y emitir una señal de control correspondiente;

35 provocar, a través de un sistema de control de movimiento (34), un movimiento controlado de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos;

determinar, a través del sistema de control de movimiento (34), las entradas de control basadas en una o más señales de control recibidas desde el uno o más sensores (32, 36);

40 hacer que, a través del sistema de control de movimiento (34), la pila de soldadura por ultrasonidos (10) avance de acuerdo con un perfil de soldadura;

caracterizado por

posteriormente al avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) de acuerdo con el perfil de soldadura

45 hacer que, a través del sistema de control de movimiento (34), la pila de soldadura por ultrasonidos (10) detenga el movimiento de avance y mantenga una posición estacionaria en respuesta a la aparición de una condición predeterminada de inicio de retardo; y

en respuesta a la aparición de una condición de terminación de retardo predeterminada, reanudar, a través del sistema de control de movimiento (34), el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) de acuerdo con el perfil de soldadura,

50 en el que la energía vibratoria continúa aplicándose a dicha pieza de trabajo mientras que dicha pila de soldadura por ultrasonidos (10) se detiene y mientras continúa el movimiento de avance de la pila de soldadura (10).

13. El método de la reivindicación 12, que comprende, además

después del inicio de la operación de soldadura y antes de hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) detenga el movimiento de avance, retrasar inicialmente, a través del sistema de control de movimiento (34), cualquier movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) hasta que una o la mayoría de las señales de control indican que las variables de control respectivas satisfacen una condición predeterminada; y

5 después del retardo inicial y en respuesta a la satisfacción de la condición predeterminada, hacer que, a través del sistema de control de movimiento (34), la pila de soldadura por ultrasonidos (10) avance de acuerdo con un perfil de soldadura.

14. El método de las reivindicaciones 12 u 13, que comprende, además:

10 después de reanudar el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10), hacer que la pila de soldadura por ultrasonidos (10) detenga el movimiento de avance al menos una vez más y mantenga otra posición estacionaria en respuesta a la aparición de otra o más condiciones de inicio de demora predeterminadas; y

en respuesta a la aparición de otra o más condiciones de terminación de retardo predeterminadas, se reanuda nuevamente el movimiento de avance de la pila de soldadura por ultrasonidos (10) de acuerdo con el perfil de soldadura.

15 15. El método de una de las reivindicaciones 12 a 14, en el que uno o más sensores detectan uno o más parámetros seleccionados de un grupo que consiste en

(a) una salida de fuerza mediante un elemento móvil actuador lineal,

(b) un par de salida de un servomotor,

(c) una posición de la pila de soldadura por ultrasonidos (10),

20 (d) una distancia recorrida desde el inicio de una soldadura,

(e) una entrada de potencia a un transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10),

(f) una entrada de potencia acumulada al transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10),

(g) una frecuencia de la pila de soldadura por ultrasonidos (10),

(h) una fase del transductor de la pila de soldadura por ultrasonidos (10), y

25 (i) un tiempo transcurrido posterior al inicio de la operación de soldadura;

en el que la condición de inicio de retardo predeterminada incluye uno o más de

(1) fuerza,

(2) par de salida,

(3) posición,

30 (4) distancia,

(5) potencia,

(6) potencia acumulativa,

(7) frecuencia,

(8) fase, y

35 (9) tiempo transcurrido;

especificados, en el que la condición de terminación de retardo predeterminada incluye uno o más de un valor absoluto o relativo especificado de

(i) fuerza,

(ii) par de salida,

40 (iii) potencia,

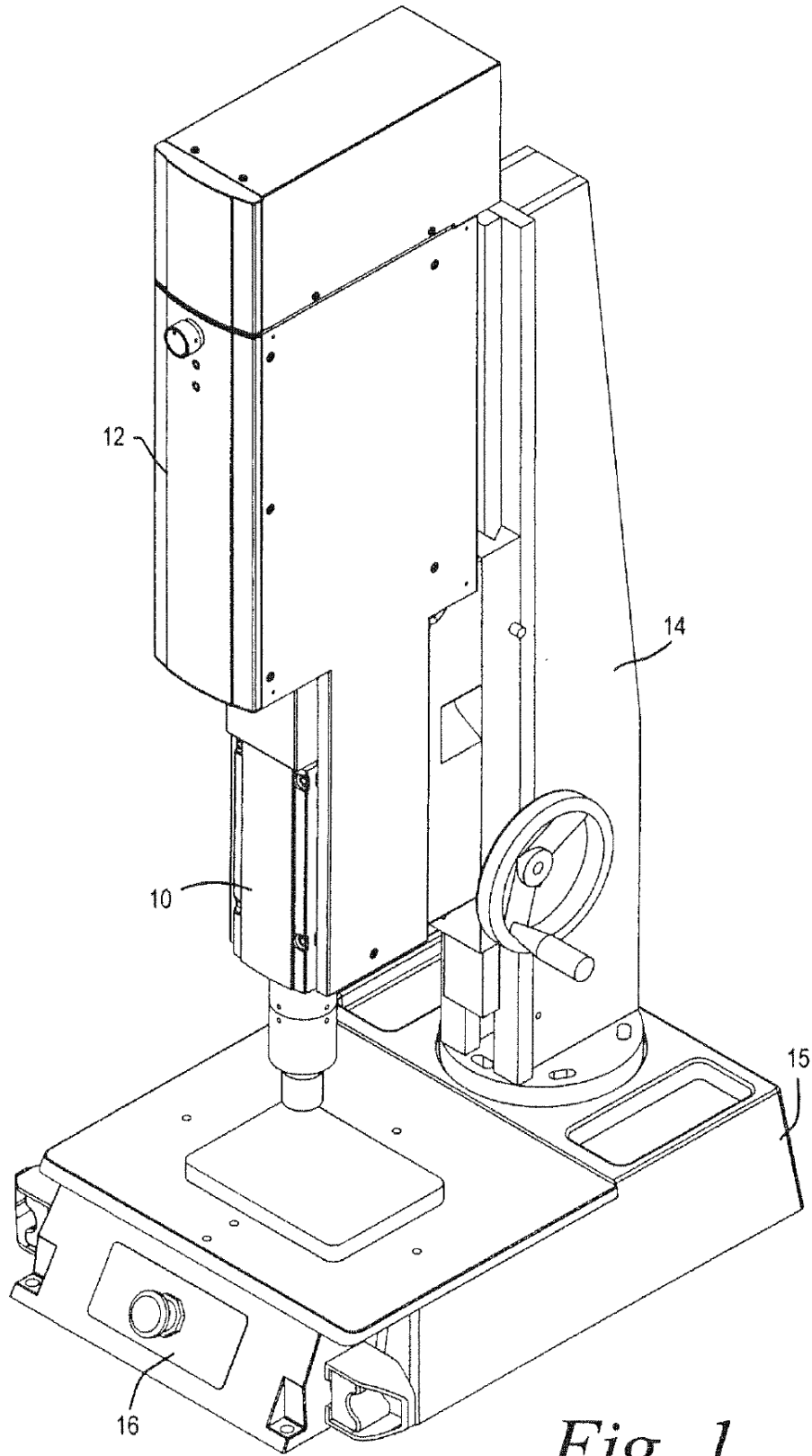
(iv) potencia acumulativa,

(v) frecuencia,

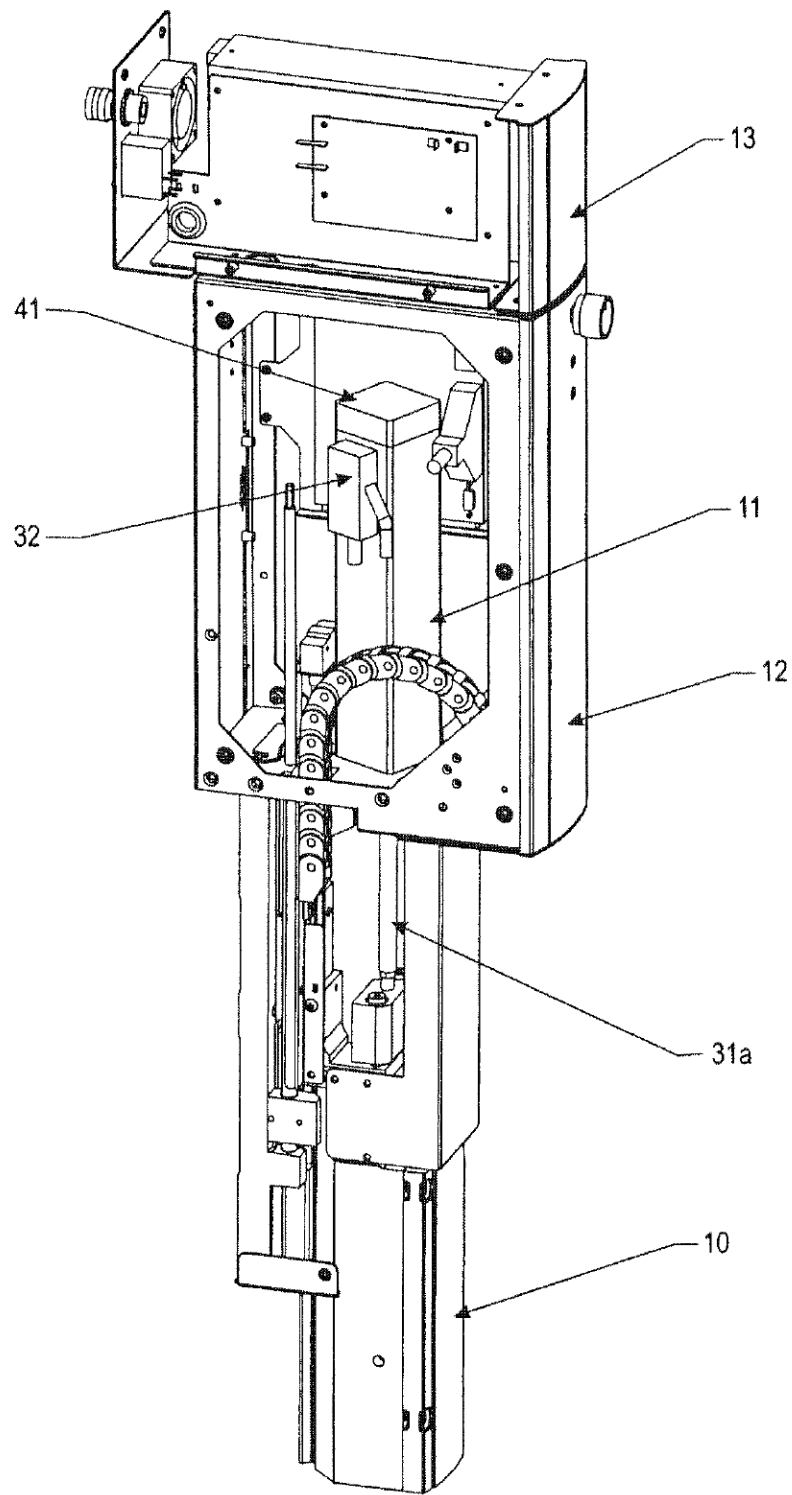
(vi) fase, y

(vii) tiempo transcurrido; y

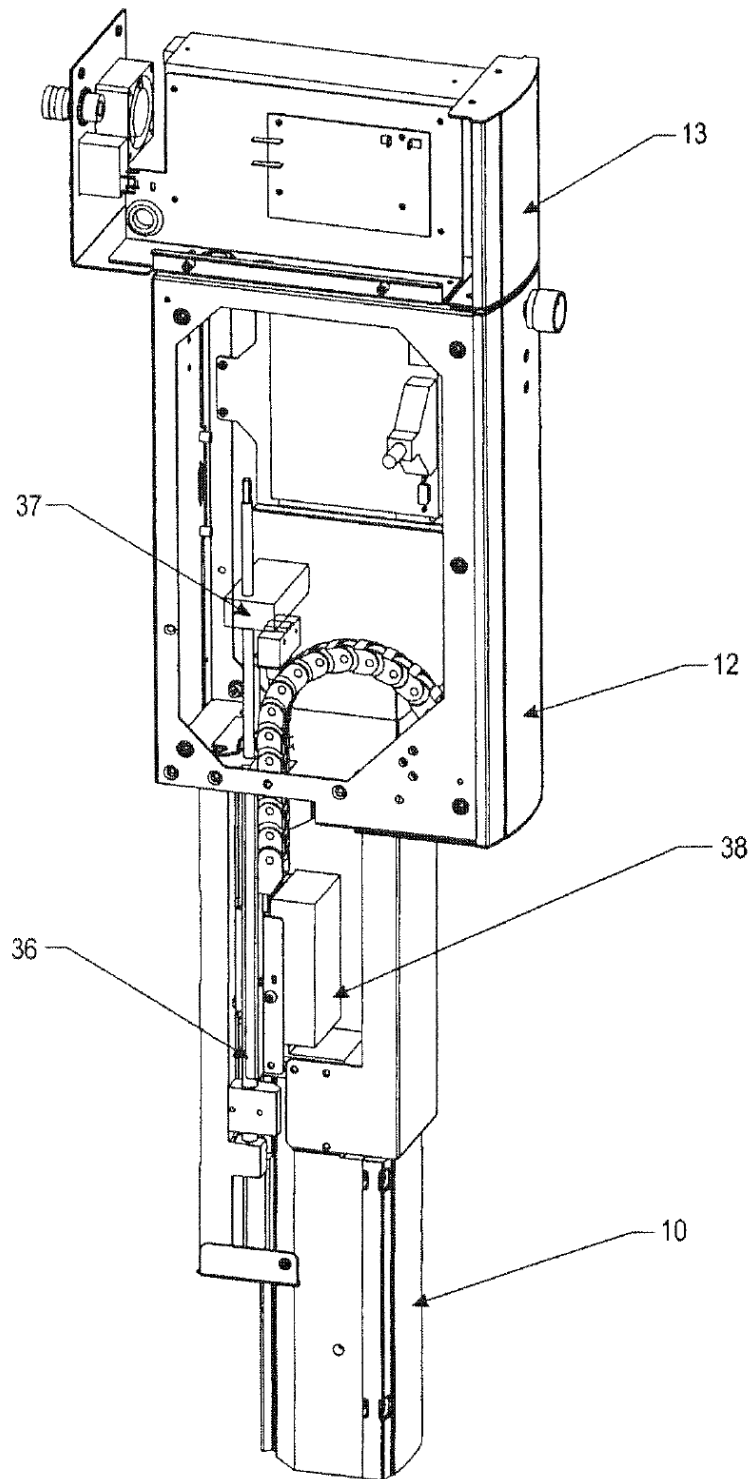
5 en el que la referencia para el valor relativo es un nivel de un parámetro respectivo detectado en la ocurrencia de la condición de inicio de retardo predeterminada.



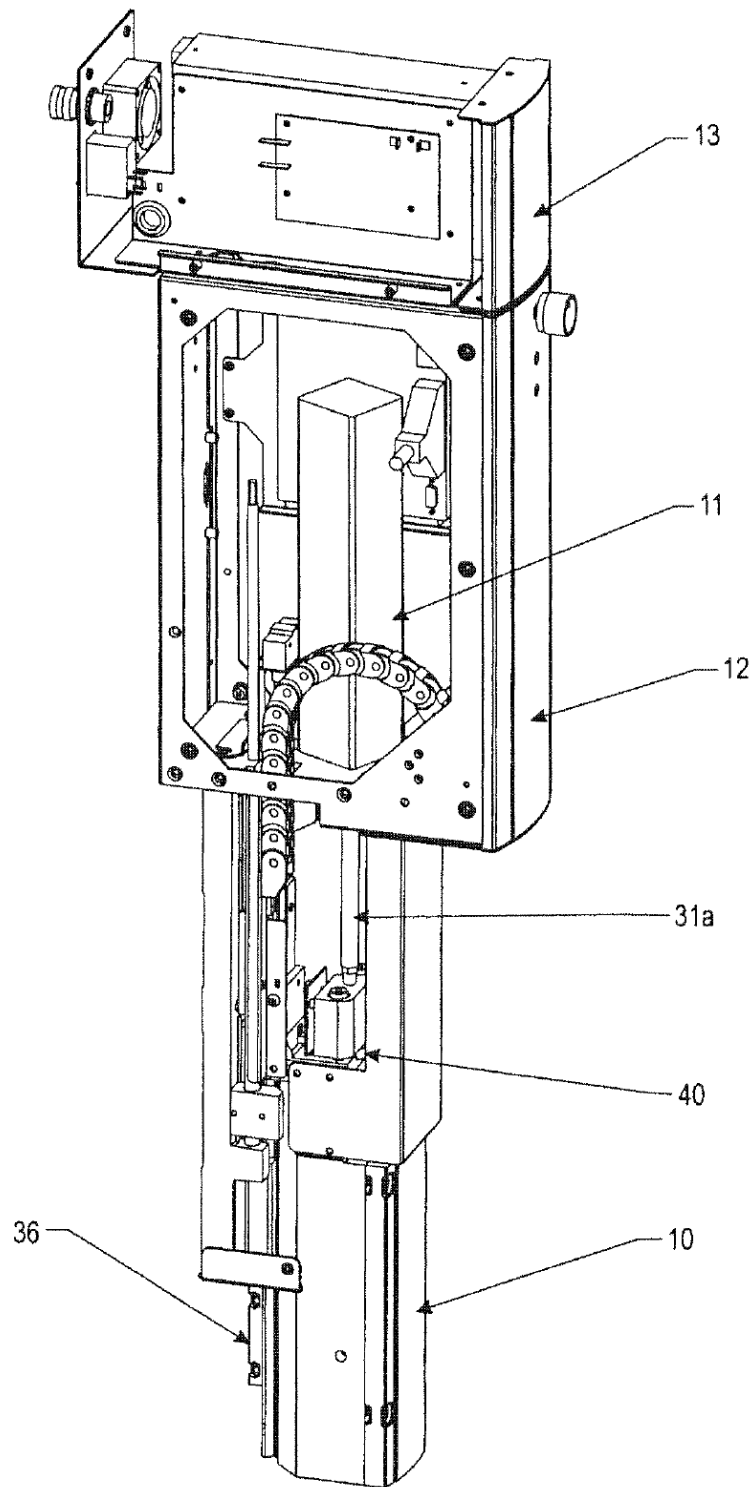
*Fig. 1*



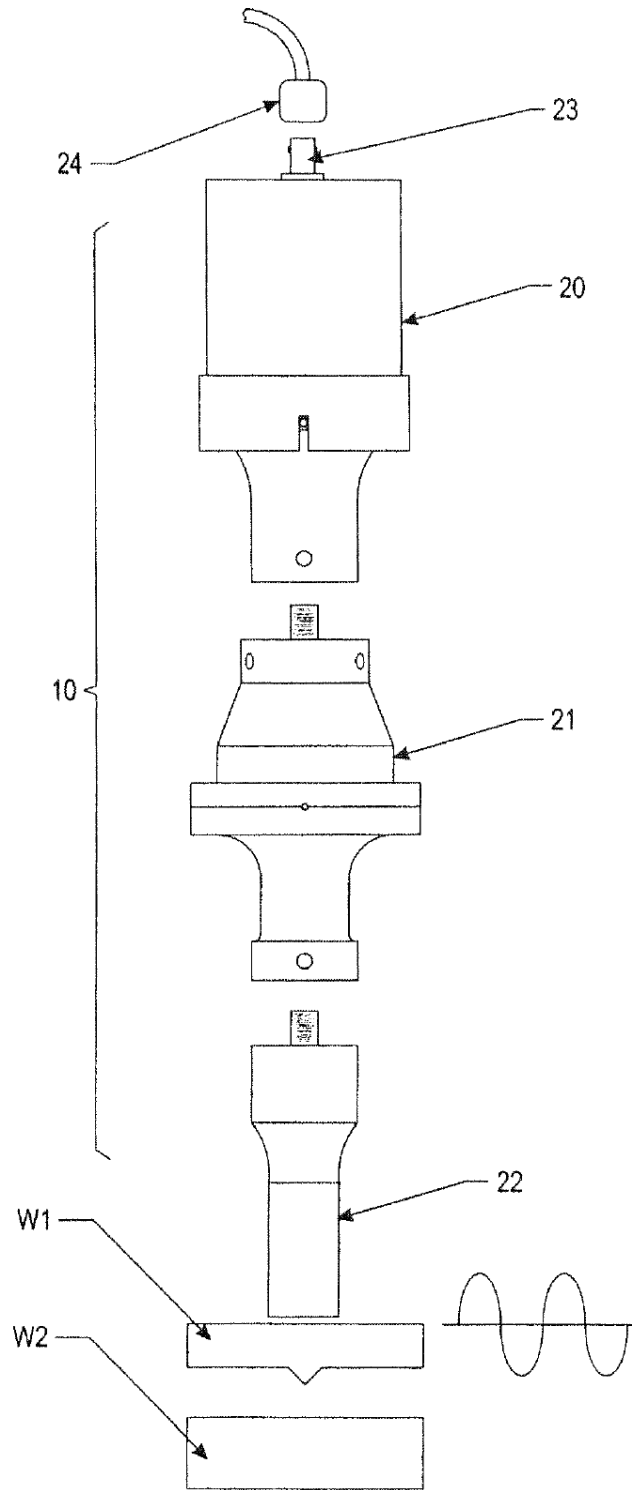
*Fig. 2*



*Fig. 3*

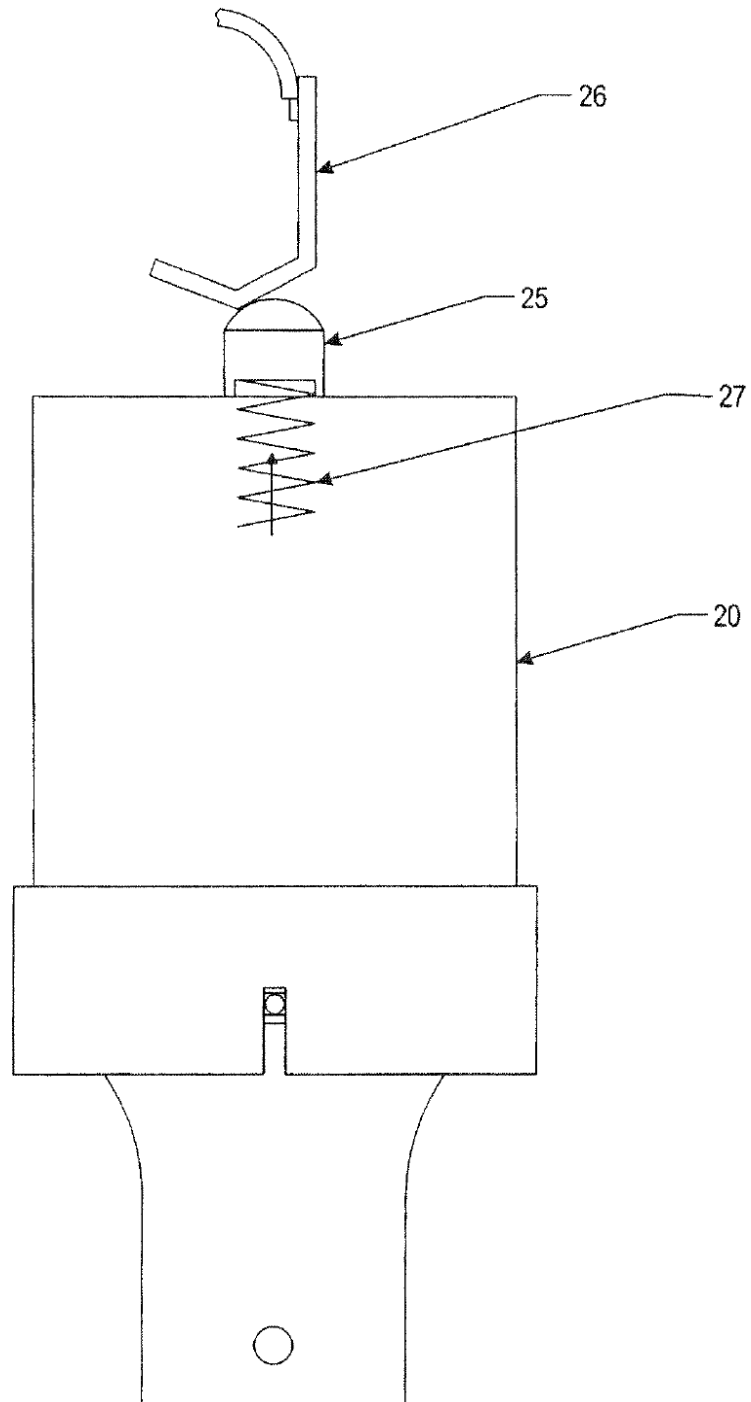


*Fig. 4*

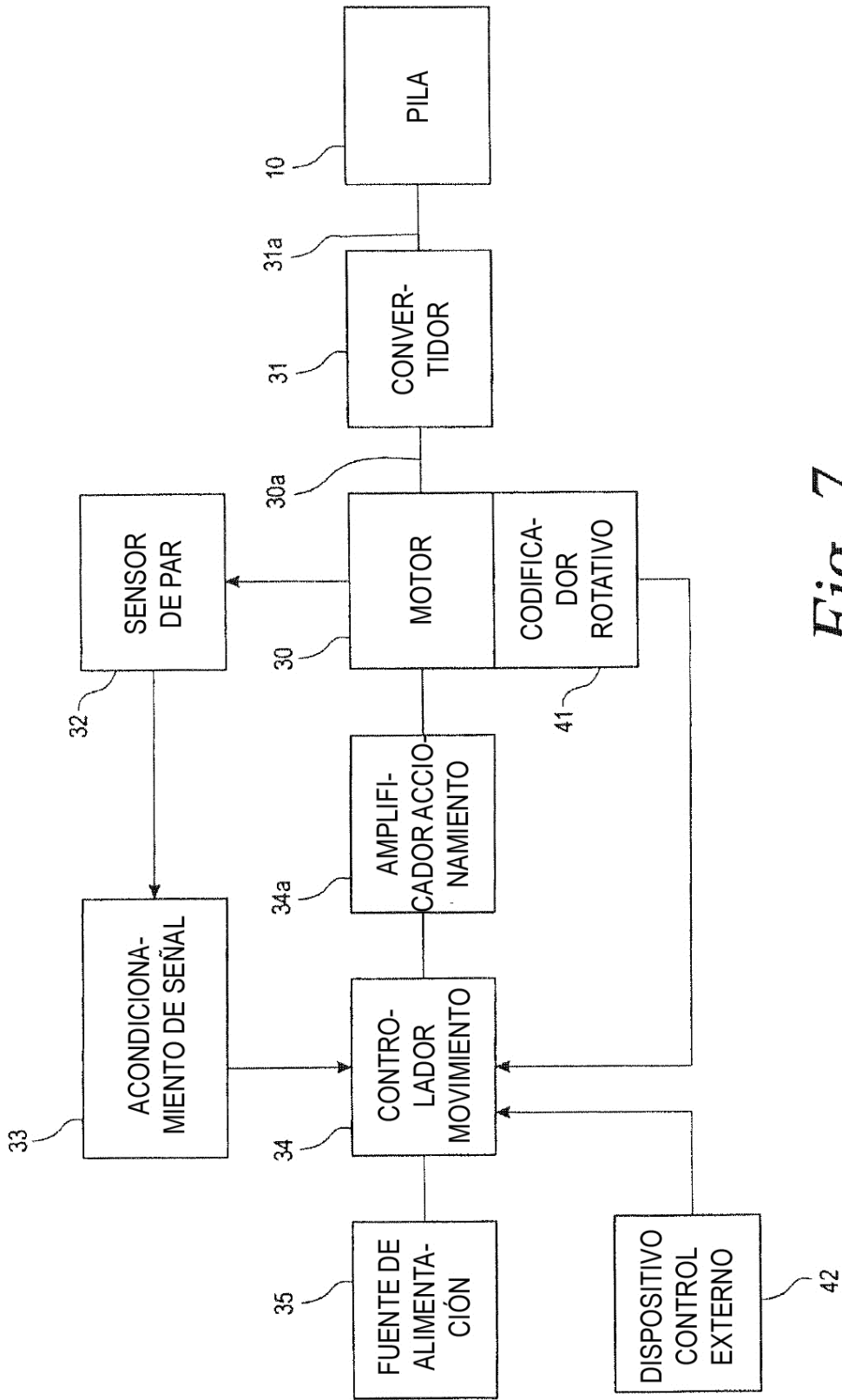


*Fig. 5*





*Fig. 6*



*Fig. 7*

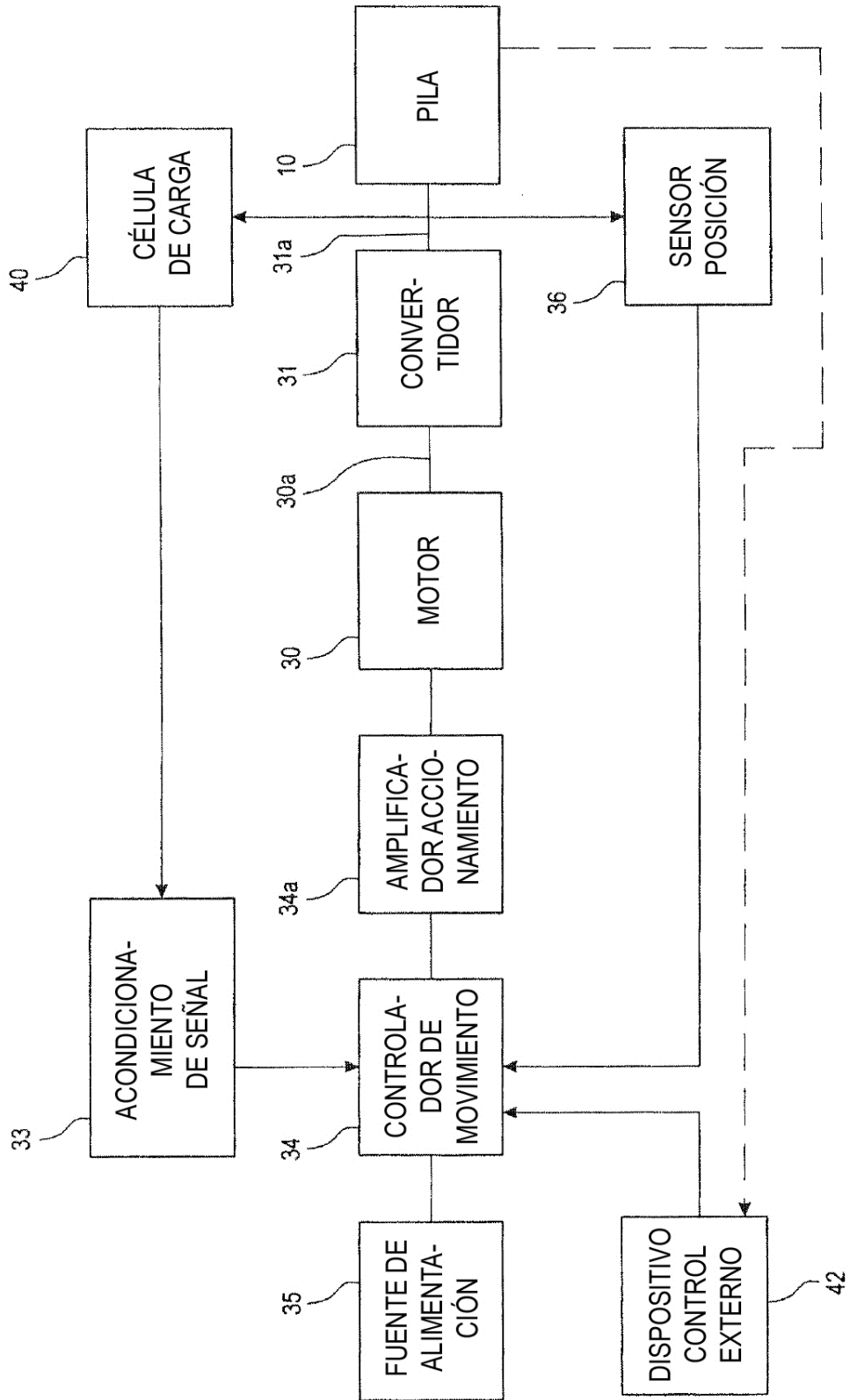
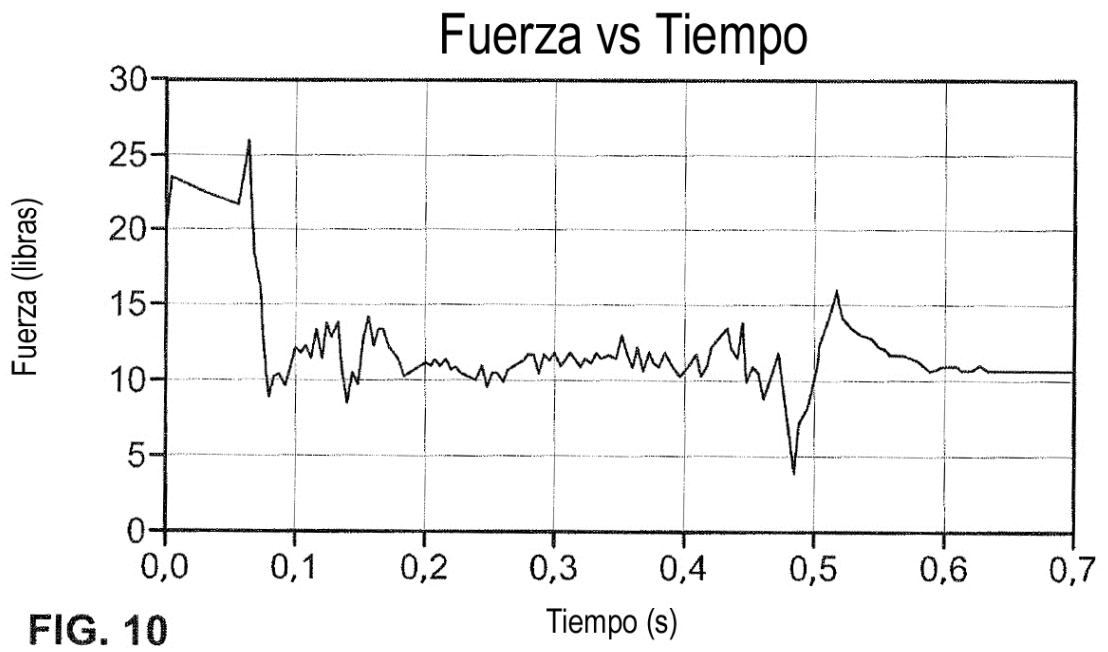
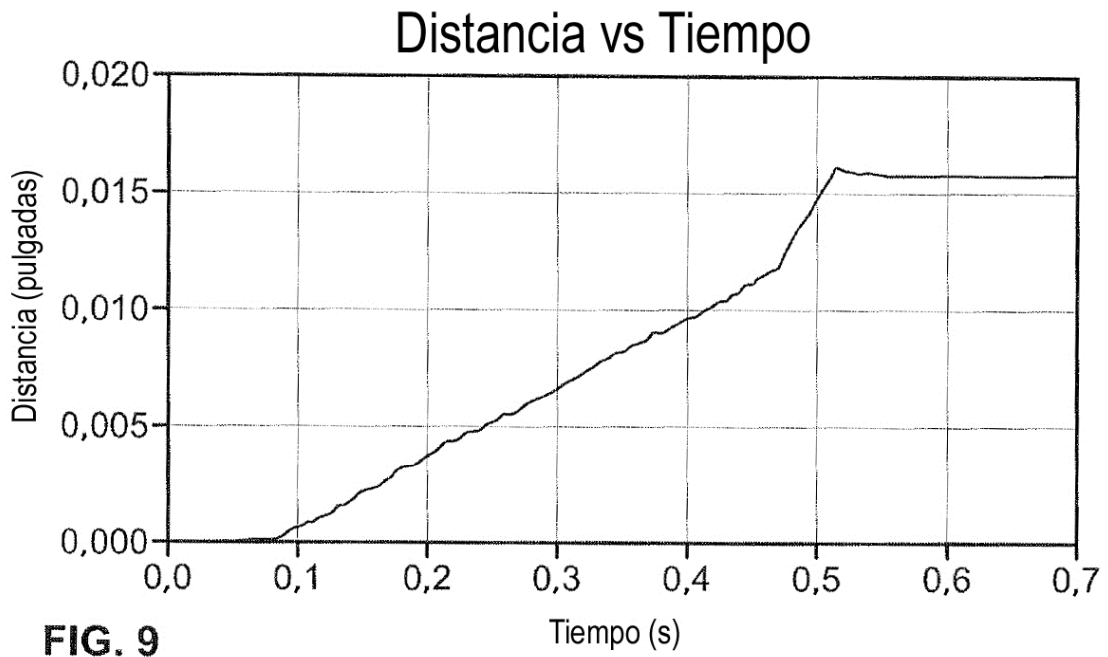
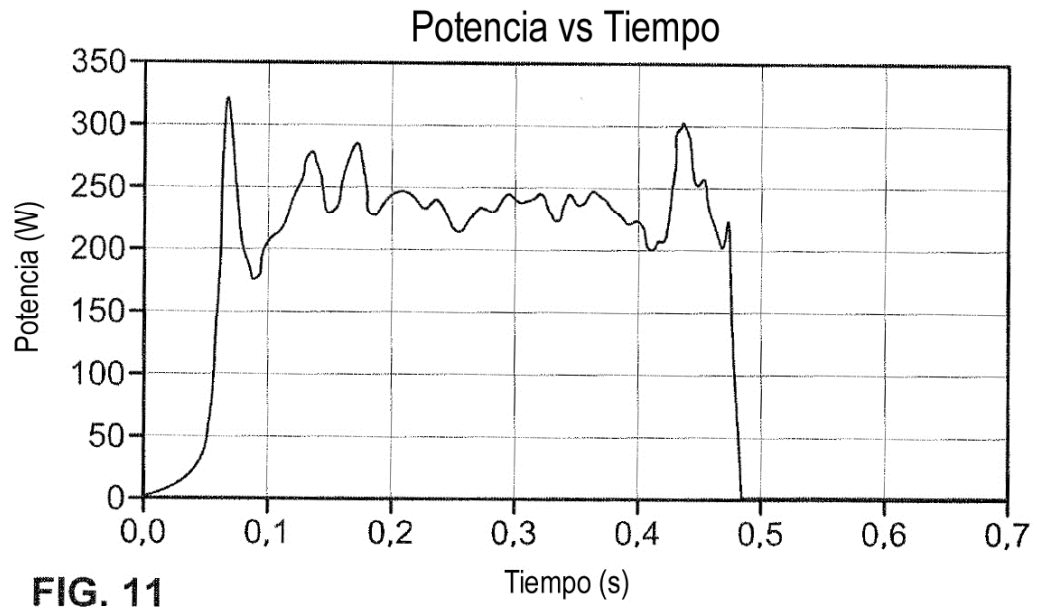
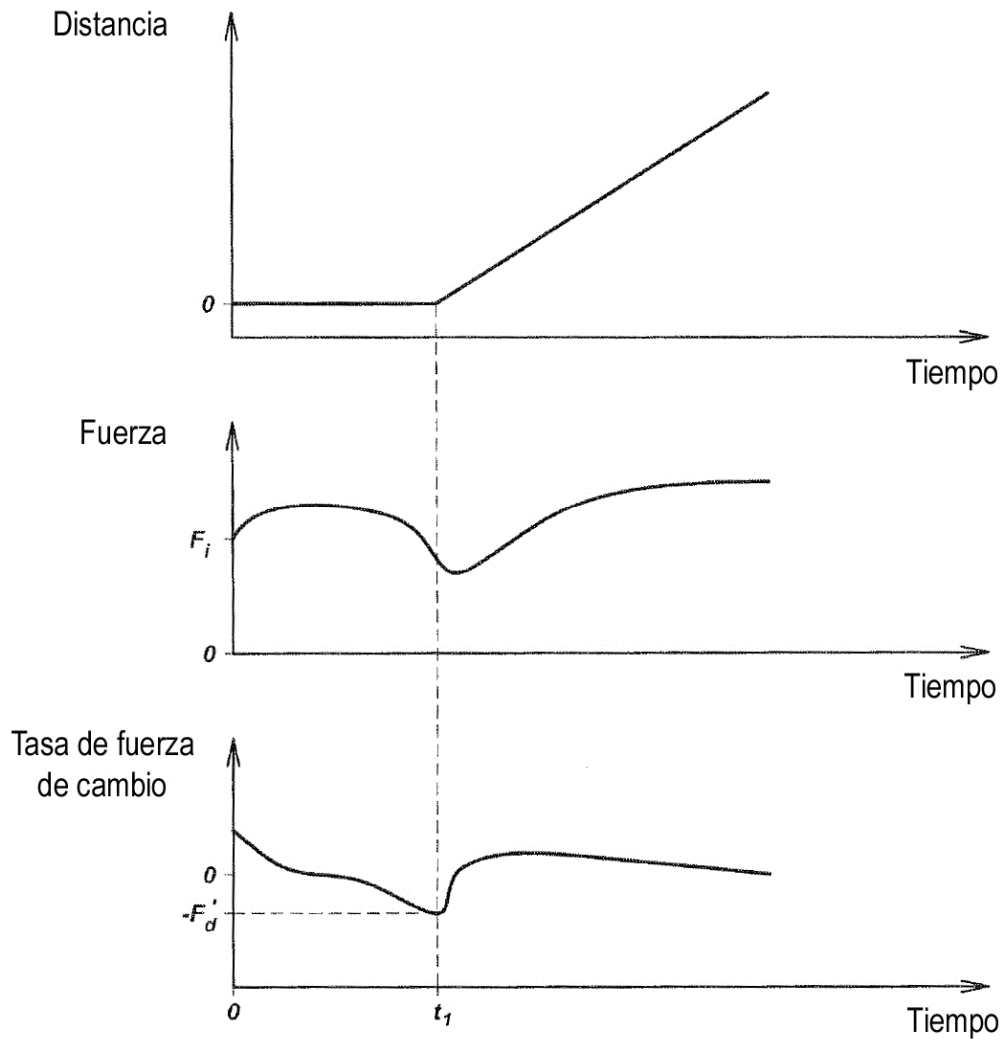


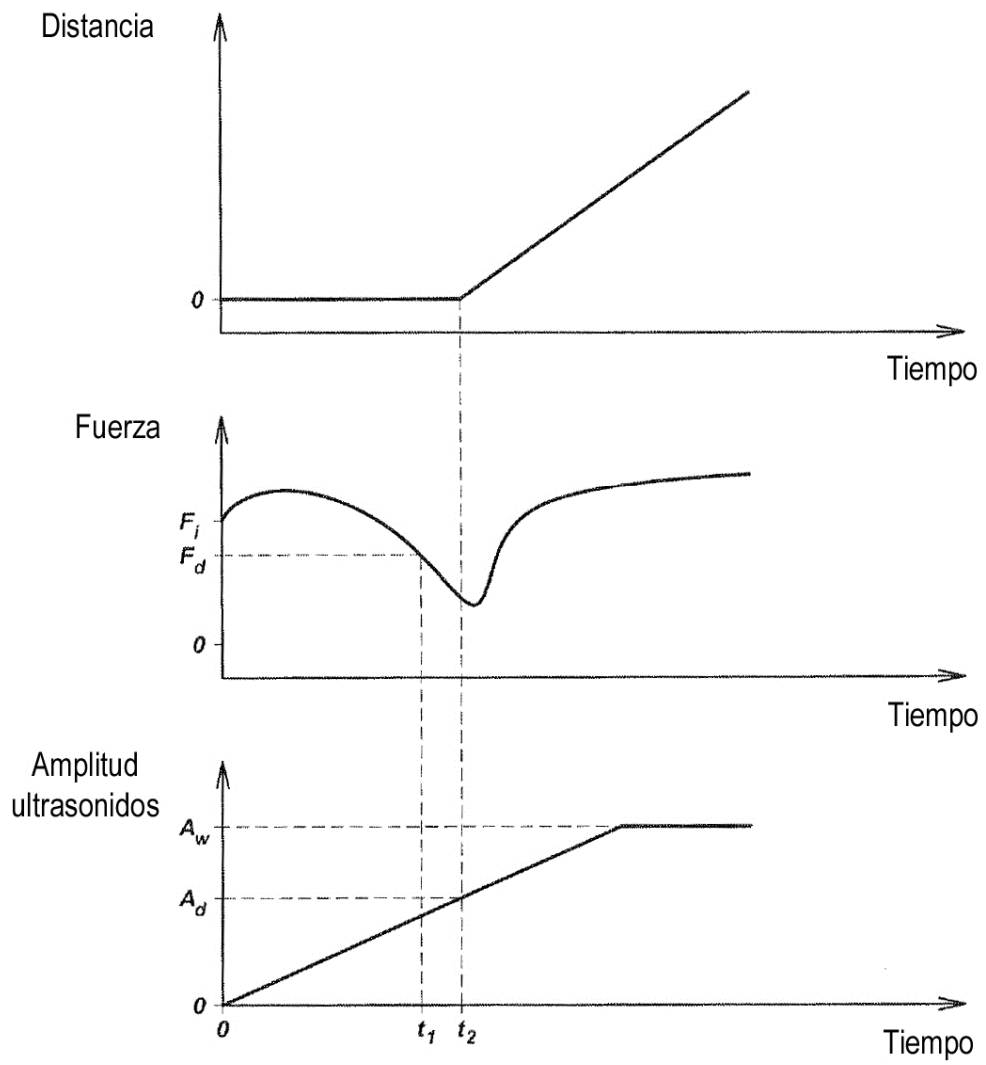
Fig. 8



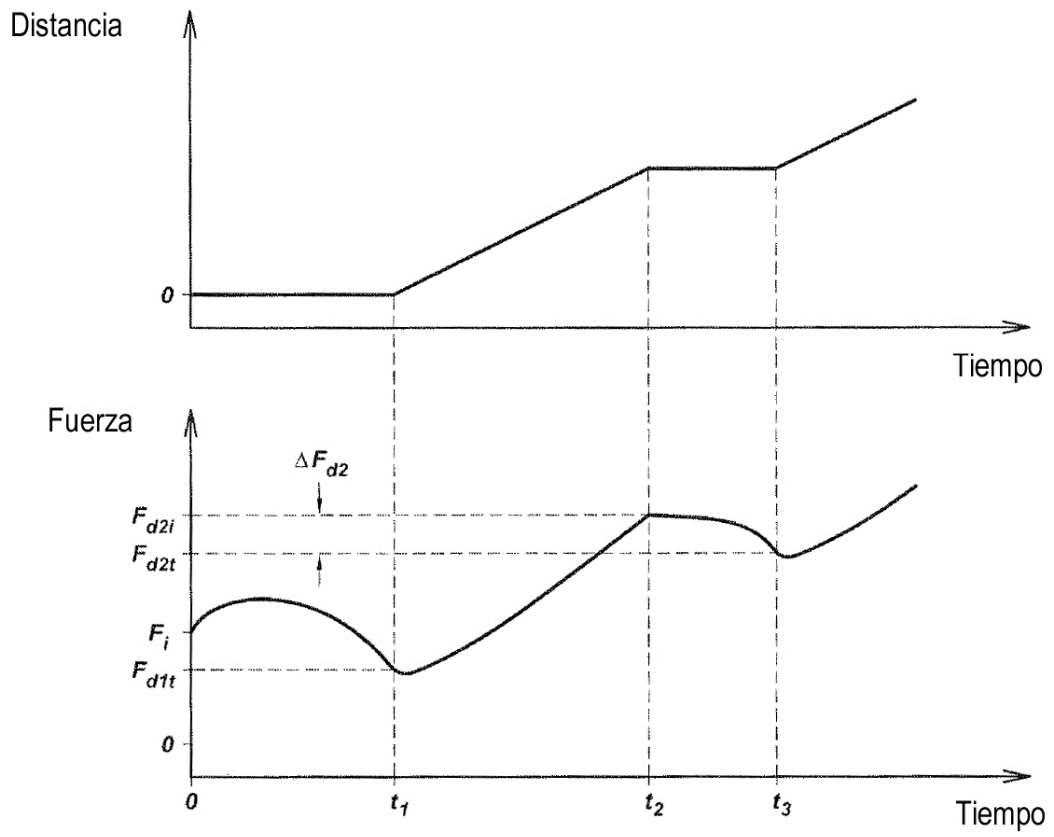




**Fig. 12**

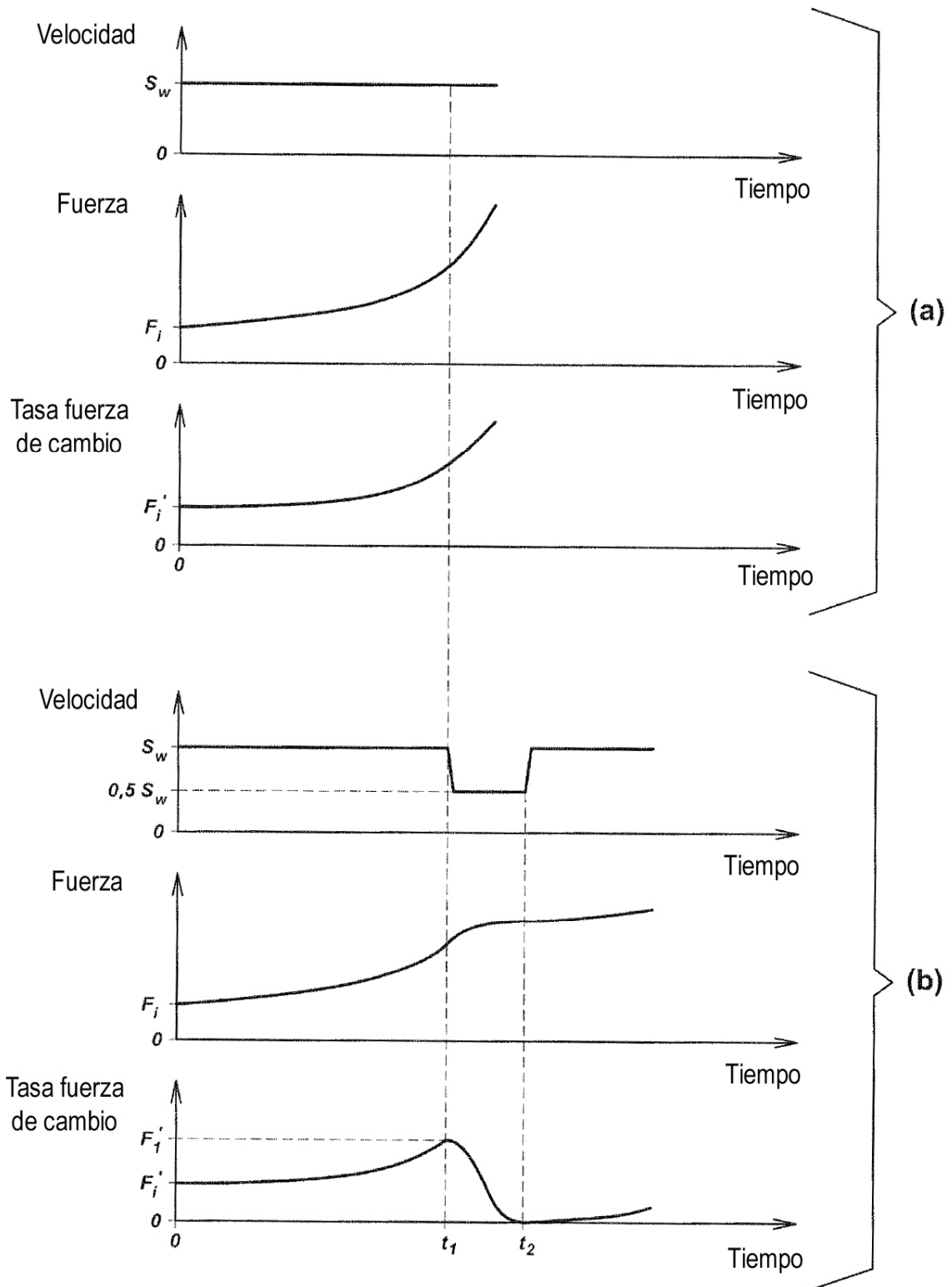


**Fig. 13**

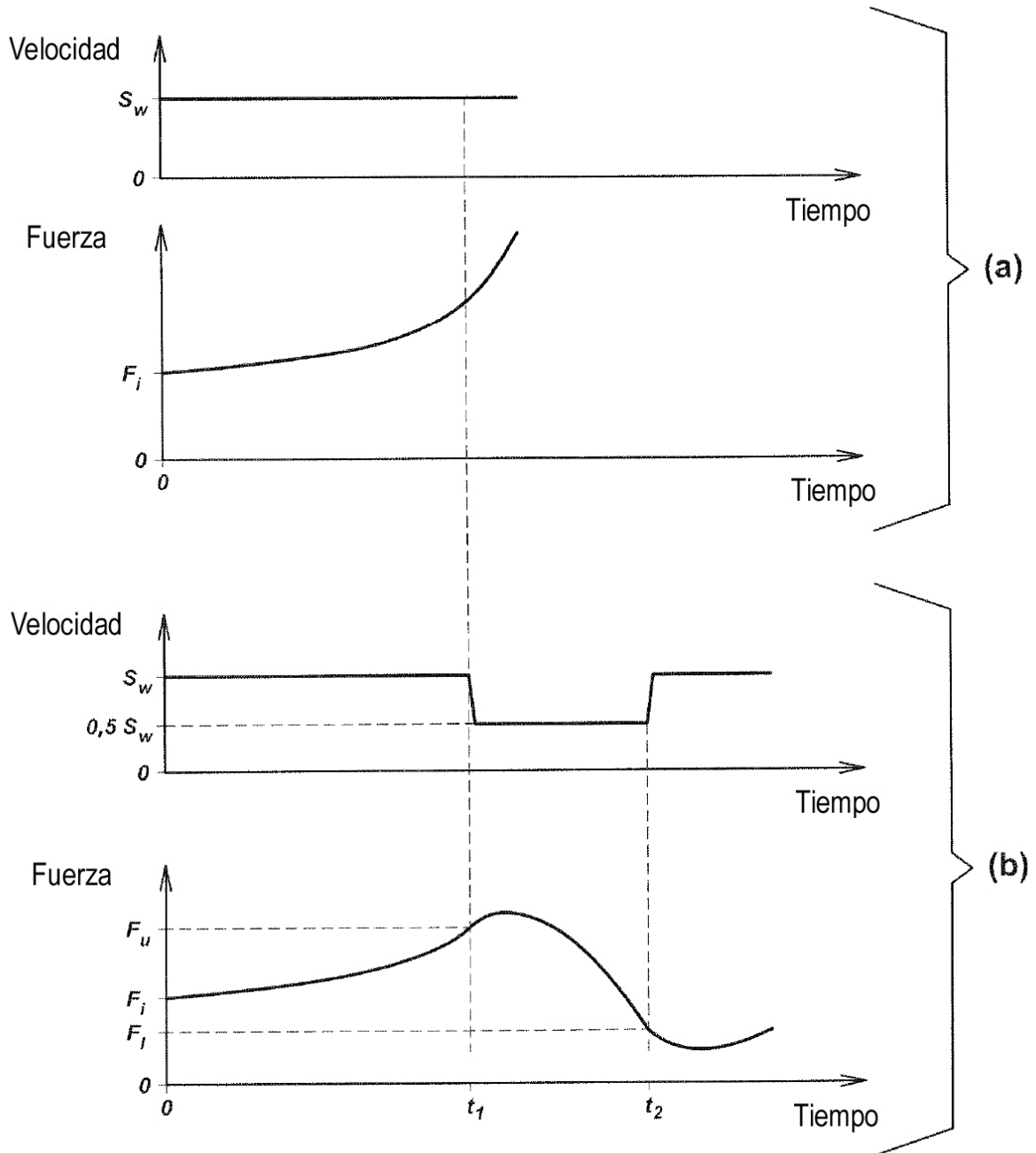


**Fig. 14**

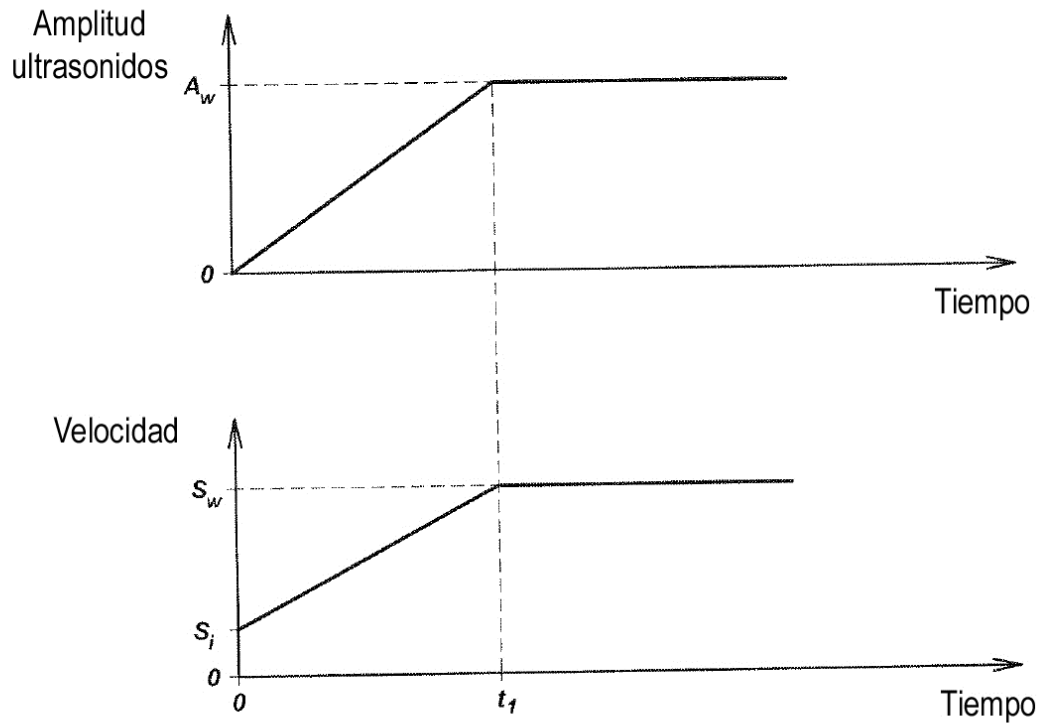




**Fig. 15**



**Fig. 16**



*Fig. 17*