

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 426**

51 Int. Cl.:

**G09B 19/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2015 PCT/IB2015/001084**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16009260**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2015 E 15754290 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3117420**

54 Título: **Uniprobeta de ensayo para simulador de soldeo de realidad virtual**

30 Prioridad:

**15.07.2014 US 201414331402**

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

**25.03.2019**

73 Titular/es:

**LINCOLN GLOBAL, INC. (100.0%)  
9160 Norwalk Boulevard  
Santa Fe Springs, CA 90670, US**

72 Inventor/es:

**LEACH, JASON;  
ADITJANDRA, ANTONIUS y  
POSTLETHWAITE, DEANNA**

74 Agente/Representante:

**FERNÁNDEZ-VEGA FEIJOO, María Covadonga**

**ES 2 705 426 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**

Uniprobeta de ensayo para simulador de soldeo de realidad virtual

5 **Antecedentes**

**Campo de la divulgación**

10 La presente divulgación se refiere a sistemas para simular el soldeo en un entorno de soldeo virtual y a probetas de ensayo de soldeo para su uso con tales sistemas.

**Descripción de la técnica relacionada**

15 Durante décadas, las empresas han enseñado técnicas de soldeo. Tradicionalmente, se ha enseñado soldeo en una situación del mundo real, es decir que se ha enseñado soldeo incidiendo realmente un arco con un electrodo en una pieza de metal. Los instructores, expertos en la técnica, supervisan el proceso de formación realizando correcciones en algunos casos cuando el aprendiz realiza una soldadura. Mediante instrucción y repetición, un nuevo aprendiz aprende a soldar usando uno o más procedimientos. Sin embargo, se incurre en costes con cada soldadura realizada, que varía dependiendo del procedimiento de soldeo que esté enseñándose.

20 En los últimos tiempos, se han empleado sistemas con ahorro de costes para formar soldadores. Algunos sistemas incorporan un analizador de movimiento. El analizador incluye un modelo físico de un conjunto soldado, un electrodo de práctica y medios de detección que realizan un seguimiento del movimiento del electrodo de práctica. Se genera un informe que indica en qué medida avanza la punta del electrodo fuera de una amplitud de movimiento aceptable.

25 Algunos sistemas más avanzados incorporan el uso de realidad virtual, que simula la manipulación de un electrodo de práctica y las soldaduras resultantes en una situación virtual que puede observarse (por ejemplo, de manera visual, de manera audible, etc.) en tiempo real por el soldador.

30 Los simuladores de soldeo de realidad virtual incluyen normalmente varios modelos físicos diferentes de conjuntos soldados (por ejemplo, probetas de ensayo de soldeo de práctica), en los que cada modelo físico permite que el soldador practique un determinado tipo de soldadura, véase el documento US20130189657. Por ejemplo, una probeta de ensayo de soldeo de práctica puede tener dos superficies perpendiculares que permiten que el soldador practique una soldadura de filete, mientras que otra probeta de ensayo de soldeo de práctica puede tener una superficie ranurada que permite que el soldador practique una soldadura de ranura. Para cambiar entre diferentes tipos de soldaduras simuladas, el soldador debe volver a situar y recolocar la probeta de ensayo de soldeo de práctica. No sólo es inconveniente que el soldador interrumpa la formación para volver a situar o recolocar la probeta de ensayo de soldeo de práctica, sino que volver a situar o recolocar la probeta de ensayo de soldeo de práctica puede conducir a que se monte inapropiadamente la probeta de ensayo de soldeo. Por ejemplo, si el simulador de soldeo de realidad virtual está programado para esperar que la probeta de ensayo de soldeo de práctica esté ubicada en una determinada ubicación fija, y el soldador monta la probeta de ensayo de soldeo en otra ubicación inapropiada, dará como resultado datos de soldeo simulado incorrectos.

**Breve resumen**

45 El siguiente resumen presenta un resumen simplificado con el fin de proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de los dispositivos y sistemas comentados en el presente documento. Este resumen no es una visión general extensa de los dispositivos y sistemas comentados en el presente documento. No pretende identificar elementos críticos ni definir el alcance de tales dispositivos y sistemas. Su único propósito es presentar algunos conceptos de manera simplificada como preludeo de la descripción más detallada que se presenta más adelante. En particular, la invención propone una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica según la reivindicación 1, y un sistema de soldeo virtual según las reivindicaciones 6 ó 12. En la descripción, las reivindicaciones dependientes y/o los dibujos se dan a conocer realizaciones preferidas. Como tal, puede preferirse, si la pluralidad de ranuras incluye una ranura vertical configurada para la simulación de una soldadura de ranura vertical, y una ranura horizontal configurada para la simulación de una soldadura de ranura horizontal o una soldadura de ranura plana y/o, si la superficie exterior curva incluye una ranura configurada para la simulación de una soldadura de ranura de tubería.

60 Según un aspecto, se proporciona una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica para un sistema de soldeo virtual. La uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica incluye una primera superficie exterior y una segunda superficie exterior perpendicular a la primera superficie exterior. La primera superficie exterior y la segunda superficie exterior proporcionan conjuntamente una pluralidad de ranuras configuradas para la simulación de una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras de ranura en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. Una superficie exterior curva está configurada para la simulación de una soldadura de filete de tubería en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. Una fuente magnética está configurada para generar un campo magnético alrededor de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica para realizar un seguimiento de los movimientos de una herramienta de soldeo de práctica con respecto a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.

Según otro aspecto, se proporciona un sistema de soldeo virtual. El sistema de soldeo virtual incluye una herramienta de soldeo de práctica para realizar soldaduras simuladas. Una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica está configurada para recibir una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas usando la herramienta de soldeo de práctica. La uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica incluye al menos una superficie vertical ranurada, al menos una superficie horizontal ranurada y al menos una superficie curva. La pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas incluye una soldadura de filete de tubería, una soldadura de ranura vertical, una soldadura de ranura horizontal o una soldadura de ranura plana, y una soldadura de filete horizontal. Puede hacerse funcionar un subsistema basado en procesador programable para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldeo de realidad virtual interactivo que simula una actividad de soldeo en una uniprobeta de ensayo de soldeo virtual correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. El entorno de soldeo de realidad virtual interactivo incluye un charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual generada en tiempo real en respuesta a las soldaduras simuladas en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. Un dispositivo de presentación visual se conecta operativamente al subsistema basado en procesador programable y está configurado para presentar visualmente el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo, que incluye el charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual, en tiempo real.

Según otro aspecto, se proporciona un sistema de soldeo virtual. El sistema de soldeo virtual incluye una herramienta de soldeo de práctica para realizar soldaduras simuladas. La herramienta de soldeo de práctica incluye un sensor de campo magnético. Una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica está configurada para recibir una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas usando la herramienta de soldeo de práctica. La uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica incluye una fuente magnética configurada para generar un campo magnético alrededor de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica para realizar un seguimiento de los movimientos de la herramienta de soldeo de práctica con respecto a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. La uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica comprende además al menos una superficie vertical ranurada, al menos una superficie horizontal ranurada y al menos una superficie curva. La pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas incluye una soldadura de filete de tubería, una soldadura de ranura vertical, una soldadura de ranura horizontal, una soldadura de ranura plana, una soldadura de filete horizontal y una soldadura de ranura de tubería o una soldadura de filete sobre cabeza. Un subsistema basado en procesador programable puede hacerse funcionar para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldeo de realidad virtual interactivo que simula una actividad de soldeo en una uniprobeta de ensayo de soldeo virtual correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. El entorno de soldeo de realidad virtual interactivo incluye un charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual generada en tiempo real en respuesta a las soldaduras simuladas en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. El charco de soldadura virtual incluye características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real dinámicas. Un dispositivo de presentación visual se conecta operativamente al subsistema basado en procesador programable y está configurado para presentar visualmente el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo, que incluye el charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual, en tiempo real.

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 es una vista en perspectiva de un soldador que usa un sistema de soldeo virtual;
- la figura 2 es una vista en perspectiva de un soldador que usa un sistema de soldeo virtual;
- la figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema de soldeo virtual;
- la figura 4 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de soldeo virtual;
- la figura 5 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 6 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 7 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 8 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 9 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 10 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 11 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 12 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- la figura 13 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;

la figura 14 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;

la figura 15 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;

5 la figura 16 es una vista en perspectiva de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica; y

las figuras 17A-C ilustran esquemáticamente capas de desplazamiento doble de ejemplo para simular superficies de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica en un espacio de realidad virtual.

10 **Descripción detallada**

El presente contenido se refiere a sistemas de soldeo virtual para su uso en la formación o la demostración de operaciones de soldeo, y se refiere a probetas de ensayo de soldeo de práctica para su uso en tales sistemas. Pueden encontrarse detalles de sistemas de soldeo virtual en la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2012/0189993 A1 (Kindig *et al.*), titulada VIRTUAL WELDING SYSTEM, publicada el 26 de julio de 2012, que se incorpora al presente documento como referencia en su totalidad, y en la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2013/1089657 A1 (Wallace *et al.*), titulada VIRTUAL REALITY GTAW AND PIPE WELDING SIMULATOR AND SETUP, publicada el 25 de julio de 2013, que se incorpora al presente documento como referencia en su totalidad.

Ahora se describirá el presente contenido con referencia a los dibujos, en los que se usan números de referencia similares para referirse a elementos similares en todo el documento. Ha de apreciarse que los diversos dibujos no están trazados necesariamente a escala de una figura a otra ni dentro de una figura dada, y en particular que el tamaño de los componentes está trazado de manera arbitraria para facilitar la comprensión de los dibujos. En la siguiente descripción, con propósitos explicativos, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva del presente contenido. Sin embargo, puede resultar evidente que el presente contenido puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. Adicionalmente, son posibles otras realizaciones del contenido y este puede ponerse en práctica y llevarse a cabo de modos diferentes a los descritos. La terminología y la fraseología usadas en la descripción del contenido se emplean con el propósito de fomentar una comprensión del contenido y no deben tomarse como limitativas.

Las figuras 1-3 muestran componentes de un sistema de soldeo virtual, y la figura 4 proporciona un diagrama de bloques del sistema 10 de soldeo virtual. El sistema de soldeo virtual incluye un subsistema 12 basado en procesador programable que genera un entorno de soldeo de realidad virtual interactivo para proporcionar formación a un soldador o usuario 14 sobre diferentes técnicas y procedimientos de soldeo. El subsistema 12 basado en procesador programable puede simular diferentes procedimientos de soldeo, tales como soldeo por arco metálico en atmósfera de gas (GMAW), soldeo por arco metálico protegido (SMAW), soldeo por arco de wolframio en atmósfera de gas (GTAW) y similares en un espacio de realidad virtual y proporcionar una retroalimentación en tiempo real al usuario 14 referente al progreso y la calidad de las soldaduras simuladas. El subsistema 12 basado en procesador programable puede incluir uno o más procesadores (por ejemplo, microprocesador, microcontrolador, etc.) y una memoria asociada (RAM, ROM, etc.) para almacenar y ejecutar instrucciones de programa codificadas que hacen que el subsistema basado en procesador programable proporcione la funcionalidad atribuida al mismo en el presente documento.

El sistema 10 de soldeo virtual incluye una interfaz 16 de usuario de soldeo que se comunica con el subsistema basado en procesador programable. La interfaz 16 de usuario de soldeo permite que el usuario 14 configure un procedimiento de soldeo que va a simularse. La interfaz 16 de usuario de soldeo puede incluir dispositivos de entrada y salida, tales como elementos de presentación visual de vídeo, teclados, ratones, palancas de mando (*joysticks*), pantallas táctiles, etc. A través de la interfaz 16 de usuario de soldeo, el usuario 14 puede seleccionar o establecer diversos parámetros de soldeo virtuales o simulados, tales como tensión de soldeo, corriente de soldeo, polaridad de soldeo, formas de onda de soldeo, velocidad de alimentación de alambre, etc. Puede proporcionarse una retroalimentación en tiempo real de una operación de soldeo virtual al usuario 14 a través de la interfaz 16 de usuario de soldeo. Por ejemplo, el progreso de soldeo incluyendo representaciones de calidad de soldadura, defectos y el charco de soldadura pueden presentarse visualmente al usuario 14 en la interfaz 16 de usuario de soldeo en tiempo real. También puede proporcionarse una retroalimentación audible en tiempo real de la operación de soldeo virtual al usuario 14 a través de la interfaz 16 de usuario de soldeo. Por tanto, la actividad de soldeo simulada del usuario 14 en el mundo real se traduce en actividad de soldeo virtual y salida en tiempo real. Tal como se usa en el presente documento, el término "tiempo real" significa percibir y experimentar, en el tiempo, un entorno virtual sustancialmente del mismo modo que lo percibiría y experimentaría un usuario 14 final, en el tiempo, en una situación del mundo real.

También puede proporcionarse al usuario retroalimentación en tiempo real de la operación de soldeo virtual a través de un dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal. El dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal puede integrarse en un casco para soldeo, o alternativamente puede montarse por separado tal como se muestra en la figura 1. El dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal puede incluir dos microelementos de presentación visual de alto contraste que pueden suministrar vídeo fluido de

movimiento completo en los modos de vídeo de fotogramas secuenciales y 2D. Se proporcionan imágenes virtuales, por ejemplo vídeo, desde el entorno de soldeo virtual y se presentan visualmente en el dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal. También puede proporcionarse un modo de zoom, lo que permite que el usuario 14 simule una placa de extensión. El dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal puede incluir además altavoces, que permiten que el usuario 14 escuche sonidos del entorno y relacionados con el soldeo simulado. El dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal se conecta operativamente al subsistema 12 basado en procesador programable mediante medios por cable o inalámbricos.

Durante la formación, el usuario 14 realiza una soldadura simulada usando una herramienta 20 de soldeo de práctica. La herramienta 20 de soldeo de práctica puede diseñarse para que se parezca a una herramienta de soldeo del mundo real, como, por ejemplo, un portaelectrodo de soldeo manual o un soplete de soldeo por arco. La herramienta 20 de soldeo de práctica puede tener la misma forma, el mismo peso y/o el mismo tacto que una herramienta de soldeo del mundo real. La herramienta 20 de soldeo de práctica se conecta operativamente al subsistema 12 basado en procesador programable mediante medios por cable o inalámbricos.

Usando la herramienta 20 de soldeo de práctica, el usuario 14 realiza soldaduras simuladas en una probeta de ensayo de soldeo de práctica, tal como una uniprobeta 22, 22a, 22b de ensayo de soldeo de práctica. Tal como se describirá en detalle a continuación, la uniprobeta 22, 22a, 22b de ensayo de soldeo de práctica está configurada estructuralmente para recibir una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas usando la herramienta 20 de soldeo de práctica. Las probetas de ensayo de soldeo de práctica convencionales están configuradas para recibir un tipo de soldadura simulada, tal como una soldadura de filete horizontal. Por el contrario, las uniprobetas de ensayo de soldeo de práctica comentadas en el presente documento están configuradas para recibir varios tipos diferentes de soldaduras simuladas. Además, las probetas de ensayo de soldeo de práctica convencionales tienen que situarse correctamente con respecto a elementos de un sistema de seguimiento espacial, si el sistema de soldeo virtual ha de funcionar de manera apropiada. Determinadas uniprobetas 22, 22a, 22b de ensayo de soldeo de prácticas comentadas en el presente documento tienen elementos del sistema de seguimiento espacial incorporados en las mismas en una relación posicional fija con respecto a la uniprobeta de ensayo, de modo que la uniprobeta de ensayo se sitúa correctamente de manera intrínseca.

Tal como se muestra en la figura 1-3, el sistema 10 de soldeo virtual puede incluir una caja 24 para almacenar y transportar los componentes del sistema de soldeo virtual. La caja 24 incluye una tapa 26 y una base 28. Cuando el sistema 10 de soldeo virtual está en uso, la tapa 26 de la caja 24 puede usarse como soporte para soportar la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica durante el soldeo simulado, mientras que otros componentes del sistema, tal como el subsistema basado en procesador programable o la interfaz de usuario de soldeo, permanecen en la base 28.

Pasando a las figuras 5-8, se muestra una uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica de ejemplo desde varias perspectivas diferentes. La uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica permite que se simule una pluralidad de soldaduras diferentes usando la herramienta de soldeo de práctica. La uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica incluye una base 30 y elementos de pared primero 32 y segundo 34 que son perpendiculares a la base y entre sí. La base 30 y los elementos de pared primero 32 y segundo 34 proporcionan superficies exteriores de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica sobre las que puede producirse un soldeo de simulación. Por ejemplo, puede realizarse una soldadura de filete lineal simulada, tal como una soldadura de filete horizontal simulada (por ejemplo, posición de soldeo 2F) a lo largo de la intersección 33 de la base 30 y el primer elemento 32 de pared. Puede realizarse un tipo diferente de soldadura de filete lineal simulada, tal como una soldadura de filete vertical simulada (por ejemplo, posición de soldeo 3F) a lo largo de la intersección de los elementos de pared primero 32 y segundo 34.

La base 30 y los elementos de pared primero 32 y segundo 34 incluyen las ranuras 36, 38, 40 respectivas para simular diversas soldaduras de ranura. La base 30 forma una superficie horizontal ranurada que permite que se simule una soldadura de ranura plana (por ejemplo, posición de soldeo 1G) usando la herramienta de soldeo de práctica. El primer elemento 32 de pared incluye una ranura 38 horizontal que permite que se simule una soldadura de ranura horizontal (por ejemplo, posición de soldeo 2G). El segundo elemento 34 de pared incluye una ranura 40 vertical que permite que se simule una soldadura de ranura vertical (por ejemplo, posición de soldeo 3G). Por tanto, la base 30 ranurada y los elementos de pared primero 32 y segundo 34 permiten que se simulen al menos cinco tipos diferentes de soldaduras usando la herramienta de soldeo de práctica (dos tipos de soldaduras de filete y tres tipos de soldaduras de ranura). En determinadas realizaciones, pueden simularse operaciones de soldeo adicionales usando la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica, tal como recargue duro. Adicionalmente, en determinadas realizaciones, la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica puede volver a situarse (por ejemplo, darse la vuelta) para permitir que se simulen operaciones de soldeo adicionales, tal como una soldadura de filete lineal sobre cabeza (por ejemplo, posición de soldeo 4F), una soldadura de ranura sobre cabeza (por ejemplo, posición de soldeo 4G), una soldadura de filete plana (por ejemplo, posición de soldeo 1F), etc.

La uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica puede incluir una superficie 42 curva que permite que se simulen diversas soldaduras de tubería. La base 30 de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica sobresale más allá de la superficie 42 curva, lo que permite que se simule una soldadura de filete de tubería a lo largo de la intersección

43 de la superficie curva y la base. La superficie curva incluye una ranura 44 curva, que permite que se simule una soldadura de ranura de tubería (por ejemplo, posición de soldeo 2G). En determinadas realizaciones, la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica puede volver a situarse para permitir que se simulen soldaduras de tubería adicionales, tales como las posiciones de soldeo fija horizontal (por ejemplo, posición de soldeo 5G) o inclinada (por ejemplo, posición de soldeo 6G).

La uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica incluye una fuente 46 magnética que genera una envolvente magnética alrededor de la uniprobeta de ensayo, de modo que puede realizarse un seguimiento de la posición de la herramienta de soldeo de práctica, y opcionalmente del dispositivo de presentación visual montado de manera frontal. La uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica puede estar compuesta por un material, tal como plástico, que no interferirá con o sustancialmente distorsionará la envolvente magnética. La fuente 46 magnética se activa mediante el subsistema basado en procesador programable cuando va a realizarse una soldadura simulada. La envolvente magnética generada alrededor de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica define un espacio tridimensional dentro del que puede realizarse un seguimiento de la actividad del usuario, tal como los movimientos de la herramienta de soldeo de práctica y los movimientos de la cabeza del usuario (por ejemplo, posición de visualización).

La fuente 46 magnética se fija a la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica en una posición fija que conoce el subsistema basado en procesador programable, y el usuario no tiene que situar correctamente de manera manual la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica con respecto a la fuente 46 magnética como en sistemas de soldeo virtual anteriores. En la realización de las figuras 5-8, la fuente 46 magnética se fija a superficies exteriores de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica. Alternativamente, la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica puede formar una caja para la fuente 46 magnética, y la fuente magnética puede estar ubicada en el interior de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. En determinadas realizaciones, la fuente 46 magnética puede incluir uno o más sensores de posición para determinar la orientación de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica. La orientación de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica puede transmitirse al subsistema basado en procesador programable, de modo que el subsistema basado en procesador programable conoce la orientación de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica y qué soldaduras están simulándose. Por ejemplo, basándose en la orientación de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica, el subsistema basado en procesador programable puede distinguir entre una soldadura de filete horizontal y una soldadura de filete sobre cabeza que está simulándose en la intersección de dos superficies (por ejemplo, en la intersección 33 de la base 30 y el primer elemento 32 de pared).

La herramienta de soldeo de práctica y el dispositivo de presentación visual montado de manera frontal pueden incluir sensores que reaccionan al campo magnético generado por la fuente 46 magnética, y pueden enviar al subsistema basado en procesador programable información de posición relativa correspondiente. Los sensores pueden incluir múltiples bobinas de inducción alineadas en direcciones espaciales que se cruzan, que pueden estar sustancialmente alineadas de manera ortogonal. Las bobinas de inducción miden la intensidad del campo magnético en cada una de las tres direcciones y, por tanto, pueden generar información de posición que se proporciona al subsistema basado en procesador programable. El subsistema basado en procesador programable puede incluir elementos electrónicos apropiados, que pueden estar en forma de un módulo independiente, para activar y controlar la fuente 46 magnética y recibir/interpretar información de posición desde los sensores de posición en la herramienta de soldeo de práctica y el dispositivo de presentación visual montado de manera frontal.

El subsistema basado en procesador programable puede simular las diversas superficies de la uniprobeta 22a de ensayo de soldeo de práctica en un espacio de realidad virtual, y realizar un seguimiento de los movimientos del mundo real del usuario y traducirlos a movimientos correspondientes en el espacio de realidad virtual. Este entorno de soldeo de realidad virtual interactivo puede presentarse visualmente al usuario según la perspectiva de visualización física real del usuario.

Pasando a las figuras 9-12, se muestra otra realización de una uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica. En la realización de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica mostrada en las figuras 9-12, la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica está ubicada encima de la fuente 46a magnética, lo que proporciona una base para la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. La uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica generalmente tiene una forma cuboide, teniendo las diversas superficies exteriores ranuras o porciones sobresalientes que permiten que se simulen diferentes tipos de soldaduras.

La superficie 50 superior de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica tiene una ranura 52 horizontal y una porción 54 cilíndrica que sobresale hacia arriba. La ranura 52 horizontal permite que se simule una soldadura de ranura plana (por ejemplo, posición de soldeo 1G) usando la herramienta de soldeo de práctica. La porción 54 cilíndrica permite que se simule una soldadura de filete de tubería a lo largo de la intersección 55 de la porción cilíndrica y la superficie 50 superior. La porción 54 cilíndrica puede incluir una ranura circunferencial (no mostrada) para permitir que se simule una soldadura de ranura de tubería (por ejemplo, posición de soldeo 2G).

Una primera superficie 56 vertical de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica puede incluir un apéndice 58 horizontal que sobresale hacia fuera de la primera superficie vertical. Puede realizarse una soldadura de filete

horizontal simulada (por ejemplo, posición de soldeo 2F) a lo largo de la intersección 59 de la superficie superior del apéndice 58 horizontal y la primera superficie 56 vertical. Puede realizarse una soldadura de filete sobre cabeza simulada (por ejemplo, posición de soldeo 4F) a lo largo de la intersección de la superficie inferior del apéndice 58 horizontal y la primera superficie vertical.

5 Una segunda superficie 60 vertical de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica puede incluir un apéndice 62 vertical que sobresale hacia fuera de la segunda superficie vertical. Pueden realizarse soldaduras de filete vertical simuladas (por ejemplo, posición de soldeo 3F) a lo largo de las intersecciones 63 del apéndice 62 vertical y la segunda superficie vertical, a ambos lados del apéndice 62 vertical.

10 Una tercera superficie 64 vertical de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica puede incluir una ranura 66 vertical que permite que se simule una soldadura de ranura vertical (por ejemplo, posición de soldadura 3G).

15 Una cuarta superficie 68 vertical de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica puede incluir una ranura 70 horizontal que permite que se simule una soldadura de ranura horizontal (por ejemplo, posición de soldadura 2G).

20 Por tanto, la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica está configurada para la simulación de una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras (por ejemplo, soldadura de ranura plana, soldadura de ranura vertical, soldadura de ranura horizontal, soldadura de filete de tubería, soldadura de filete horizontal y soldadura de filete sobre cabeza) usando solamente una probeta de ensayo de soldeo de práctica. Tal como se comentó anteriormente, la fuente 46a magnética se fija a la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica en una posición fija que conoce el subsistema basado en procesador programable, y el usuario no tiene que situar correctamente de manera manual la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica con respecto a la fuente magnética. Además, la fuente 46a magnética se monta en la parte inferior de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica y actúa como base para la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. Las superficies 56, 60, 64, 68 verticales sobresalen hacia arriba de la fuente 46a magnética y se soportan encima de la fuente magnética cuando la uniprobeta 22b de ensayo está en uso.

30 En determinadas realizaciones, la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica incluye múltiples ranuras y/o apéndices en la misma superficie de la uniprobeta de ensayo, de modo que pueden simularse diversas soldaduras diferentes usando el mismo lado de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. Por ejemplo, un lado vertical de la uniprobeta 22b de ensayo de soldeo de práctica puede incluir los apéndices tanto horizontal 58 como vertical 62 de modo que pueden simularse soldaduras de filete horizontal, vertical y sobre cabeza en un lado común de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.

35 Pasando a las figuras 13-16, se muestra todavía otra realización de una uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica. La uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede incluir diversos salientes cilíndricos, apéndices y ranuras tal como se comentó anteriormente para simular una pluralidad de soldaduras diferentes usando una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.

40 En la realización de la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica mostrada en las figuras 13-16, la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica se monta de manera retirable en un soporte 72. El soporte incluye un brazo 74, y la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica incluye un collar 76 que se desliza sobre el extremo del brazo 74. La uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede incluir un elemento de sujeción, tal como un tornillo de ajuste, para sujetar la uniprobeta de ensayo al brazo 74. En determinadas realizaciones, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede hacerse rotar sobre el brazo 74, de modo que pueden simularse soldaduras diferentes. Por ejemplo, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede hacerse rotar 45°, 90°, 180°, etc., lo que cambia la orientación de las diversas soldaduras que pueden simularse. Por ejemplo, la ranura 75 vertical mostrada en la figura 14 puede hacerse rotar hasta una posición horizontal tal como se muestra en la figura 15, de modo que pueden simularse tanto una soldadura de ranura vertical como una soldadura de ranura plana usando la misma superficie ranurada. De manera similar, el apéndice 77 que sobresale hacia abajo puede permitir que se simulen soldaduras de filete sobre cabeza cuando la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica se sitúa tal como se muestra en la figura 14, y permitir que se simulen soldaduras de filete vertical cuando la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica se sitúa tal como se muestra en la figura 15.

55 El collar 76 y el brazo 74 y el soporte 72 pueden enchavetarse para garantizar que la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica se sitúa siempre correctamente en el soporte/brazo.

60 En determinadas realizaciones, tal como se muestra en la figura 16, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede colocarse alternativamente sobre la parte superior del soporte 72, para permitir que se simulen diferentes tipos de soldaduras. Es decir, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede retirarse del brazo 74, y el collar 76 deslizarse sobre el extremo 78 cilíndrico superior del soporte 72, para reconfigurar la uniprobeta de ensayo. Al volver a situar la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica se gira la uniprobeta de ensayo 90°, lo que cambia la orientación de diversas soldaduras que pueden simularse. Por ejemplo, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica puede incluir un saliente 80 cilíndrico que está orientado hacia arriba a lo largo de un eje vertical cuando la uniprobeta de ensayo está montada en el brazo 74, y orientado lateralmente a lo largo de un eje horizontal cuando la uniprobeta de ensayo está montada en el extremo 78 del soporte. Pueden simularse diferentes

tipos de soldaduras de tubería volviendo a situar la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica del brazo 74 al extremo 78 del soporte. De manera similar, pueden simularse diferentes tipos de soldaduras de filete lineal volviendo a situar la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica del brazo 74 al extremo 78 del soporte 72. Por ejemplo, el apéndice 77 que sobresale hacia abajo en la figura 14 puede permitir que se simulen soldaduras de filete sobre cabeza cuando la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica está ubicada en el brazo 74. Cuando la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica se mueve al extremo 78 del soporte 72 tal como se muestra en la figura 16, el mismo apéndice sobresaldrá horizontalmente, permitiendo que se simule una soldadura de filete horizontal. También pueden simularse diferentes tipos de soldaduras de ranura volviendo a situar la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica del brazo 74 al extremo 78 del soporte. Por ejemplo, la ranura 75 vertical mostrada en la figura 14 puede permitir que se simule una soldadura de ranura vertical cuando la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica está ubicada en el brazo 74. Cuando la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica se mueve al extremo 78 del soporte 72 tal como se muestra en la figura 16, la misma ranura estará orientada horizontalmente, permitiendo que se simule una soldadura de ranura horizontal.

Además de tener ranuras, salientes, apéndices, etc. para simular diferentes soldaduras, la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica mostrada en las figuras 13-16 tiene además orificios 82, 84 de diversos diámetros y porciones 86, 88 escalonadas. Los orificios 82, 84 permiten que se simulen soldaduras de tapón, mientras que las porciones 86, 88 escalonadas permiten que se simulen soldaduras a solape. Ha de apreciarse que las uniprobetas 22a, 22b de ensayo de soldeo de práctica mostradas en las figuras 5-12 podrían tener orificios y porciones escalonadas similares si se desea, para permitir que se simulen soldaduras de tapón y a solape.

En la realización mostrada en las figuras 13-16, la fuente 46b magnética no se fija directamente a la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica. En su lugar, la fuente 46b magnética se fija al soporte 72 (por ejemplo, se fija al brazo 74) que soporta la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica. La fuente 46b magnética puede estar configurada para generar una envolvente magnética que es lo suficientemente grande como para abarcar la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica tanto si está montada en el brazo 74 como en el extremo 78 del soporte. O bien la uniprobeta 22c de ensayo de soldeo de práctica, la fuente 46b magnética o bien el soporte 72 puede estar configurado para informar al subsistema basado en procesador programable de la ubicación de la uniprobeta de ensayo en el soporte (es decir, si la uniprobeta de ensayo está montada en el brazo 74 o en el extremo 78 del soporte), mediante comunicaciones por cable o inalámbricas. Por ejemplo, la uniprobeta 22c de ensayo o el soporte 72 puede incluir interruptores limitadores u otro tipo de sensor para identificar la posición de la uniprobeta de ensayo en el soporte.

Tal como se comentó anteriormente con respecto a la figura 4, el sistema 10 de soldeo virtual incluye un subsistema 12 basado en procesador programable que puede hacerse funcionar para ejecutar instrucciones codificadas para generar el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo que simula una actividad de soldeo en una uniprobeta de ensayo de soldeo de realidad virtual correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. El entorno de soldeo de realidad virtual interactivo incluye un charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual (correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica). El charco de soldadura virtual lo genera el subsistema 12 basado en procesador programable en tiempo real en respuesta a las soldaduras simuladas del usuario en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica basándose en los parámetros de soldeo actuales (por ejemplo, tensión, corriente, formas de onda, polaridad, etc.) El entorno de soldeo de realidad virtual interactivo generado por el subsistema 12 basado en procesador programable, y los resultados simulados de la actividad de soldeo virtual del usuario, se presentan visualmente al usuario y se reproducen de manera audible mediante la interfaz 16 de usuario de soldeo y/o el dispositivo 18 de presentación visual montado de manera frontal. El sistema de soldeo virtual puede simular una operación de soldeo real representando el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo, que incluye el charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual, en tiempo real.

El charco de soldadura virtual puede incluir características de absorción y disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real dinámicas que se presentan visualmente al usuario durante el soldeo simulado. Los elementos visuales de cordón y charco están dirigidos por el estado de un mapa de desplazamiento de *wexel* (es decir, elemento de soldeo), que se comenta adicionalmente a continuación. Para simular un charco de soldadura dinámico y presentar visualmente sus características, el subsistema 12 basado en procesador programable puede emplear funcionalidad de física de soldeo o un modelo físico del procedimiento de soldeo y la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. La funcionalidad de física de soldeo emplea una técnica de capa de desplazamiento doble para modelar de manera precisa la viscosidad/fluidez dinámica, solidez, gradiente de calor (absorción y disipación de calor), estela de charco y forma del cordón.

El subsistema 12 basado en procesador programable puede emplear además funcionalidad de reproducción de cordón para reproducir un cordón de soldadura en todos los estados desde el estado fundido calentado hasta el estado solidificado enfriado. La funcionalidad de reproducción de cordón usa información de la funcionalidad de física de soldeo (por ejemplo, calor, fluidez, desplazamiento, separación de cordón plano) para reproducir de manera precisa y realista un cordón de soldadura en un espacio de realidad virtual en tiempo real.

Pueden recubrirse texturas adicionales (por ejemplo, chamuscado, escoria, grano) sobre el cordón de soldadura simulado, y pueden reproducirse y presentarse visualmente al usuario diversas características tales como chispas,

salpicadura, humo, incandescencia de arco, vapores y discontinuidades tales como mordedura y porosidad.

5 Cuando se simulan soldaduras en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, el usuario puede ver el charco de soldadura en un espacio de realidad virtual y modificar su técnica de soldeo en respuesta a que ve las diversas características del charco de soldadura simulado, incluyendo fluidez de metal fundido en tiempo real (por ejemplo, viscosidad) y disipación de calor. El usuario también puede ver y responder a otras características incluyendo estela de charco en tiempo real y separación de cordón plano. Viendo y respondiendo a características del charco de soldadura es cómo se realizan realmente muchas operaciones de soldeo en el mundo real. El modelado de capa de desplazamiento doble de la funcionalidad de física de soldeo permite que tales características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real se modelen de manera precisa y se representen para el usuario. Por ejemplo, la disipación de calor determina el tiempo de solidificación (es decir, cuánto tiempo lleva que un *wexel* solidifique por completo).

15 Además, el usuario puede realizar una segunda pasada sobre el material de cordón de soldadura usando una herramienta de soldeo de práctica, un electrodo de soldeo y/o procedimiento de soldeo iguales o diferentes (por ejemplo, un segundo). En tal escenario de una segunda pasada, la simulación muestra la herramienta de soldeo de práctica simulada, la uniprobeta de ensayo de soldeo y el material de cordón de soldadura simulado original en un espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldeo de práctica simulada deposita un segundo material de cordón de soldadura simulado que se fusiona con el primer material de cordón de soldadura simulado formando un segundo charco de soldadura simulado en las proximidades de un arco simulado que se emite desde la herramienta de soldeo de práctica simulada. Pueden realizarse pasadas posteriores adicionales usando herramientas o procedimientos de soldeo igual o diferente de manera similar. En cualquier segunda pasada o posterior, el material de cordón de soldadura anterior se fusiona con el nuevo material de cordón de soldadura que se deposita a medida que se forma un nuevo charco de soldadura en un espacio de realidad virtual a partir de la combinación de cualquiera del material de cordón de soldadura anterior, el nuevo material de cordón de soldadura, y posiblemente el material de uniprobeta de ensayo subyacente. Tales pasadas posteriores pueden realizarse para reparar un cordón de soldadura formado por una pasada anterior, por ejemplo, o pueden incluir una pasada con calor y una o más pasadas de cierre de abertura después de una pasada de raíz tal como se realiza en el soldeo de tubería. Según diversas realizaciones, puede simularse que el material de cordón de soldadura y de base incluya acero dulce, acero inoxidable y aluminio. Por ejemplo, la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica puede representarse en un espacio de realidad virtual para que aparezca como acero dulce, acero inoxidable o aluminio, y pueden controlarse en consecuencia características del charco de soldadura virtual (por ejemplo, calentamiento o enfriamiento).

35 La uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica existe en el mundo real como, por ejemplo, una parte de plástico, y también existe en un espacio de realidad virtual (es decir, en el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo) como una uniprobeta de ensayo de soldeo virtual. Dentro del subsistema 12 basado en procesador programable, las superficies simuladas de la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual que corresponden a las superficies reales de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica se descomponen en una cuadrícula o matriz de elementos de soldeo, denominados "*wexels*", que forman un mapa de *wexel*. Cada *wexel* define una pequeña porción de la superficie de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica. El mapa de *wexel* define la resolución de la superficie. Se asignan valores de parámetro de canal cambiantes a cada *wexel*, permitiendo que cambien de manera dinámica los valores de cada *wexel* en tiempo real en el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo durante el soldeo simulado. Los valores de parámetro de canal cambiantes corresponden a los canales Charco (desplazamiento de viscosidad/fluidez de metal fundido), Calor (absorción/disipación de calor), Desplazamiento (desplazamiento de sólido) y Adicional (diversos estados adicionales, por ejemplo, escoria, grano, chamuscado, metal virgen). Estos canales cambiantes pueden denominarse PHED para Charco (*puddle*), Calor (*heat*), Adicional (*extra*) y Desplazamiento (*displacement*), respectivamente.

50 El canal Charco almacena un valor de desplazamiento para cualquier metal licuado en la ubicación del *wexel*. El canal Desplazamiento almacena un valor de desplazamiento para el metal solidificado en la ubicación del *wexel*. El canal Calor almacena un valor que proporciona la magnitud del calor en la ubicación del *wexel*. De este modo, la parte soldable de la uniprobeta de ensayo puede mostrar desplazamiento debido a un cordón soldado, un "charco" de superficie brillante debido a metal líquido, color debido a calor, etc.

55 Pueden usarse un mapa de desplazamiento y un sistema de partícula en el que las partículas pueden interactuar entre sí y colisionar con el mapa de desplazamiento. Las partículas son partículas de fluido dinámico virtual y proporcionan el comportamiento como líquido del charco de soldadura pero no se reproducen directamente (es decir, visualmente no se ven directamente). Más bien, solamente se ven visualmente los efectos de partícula en el mapa de desplazamiento. La entrada de calor en un *wexel* afecta al movimiento de partículas cercanas. Hay dos tipos de desplazamiento implicados en la simulación de un charco de soldeo que incluyen Charco y Desplazamiento. Charco es "temporal" y solamente dura en el tiempo en que hay presentes partículas y calor. Desplazamiento es "permanente". El desplazamiento de charco es el metal líquido de la soldadura que cambia rápidamente (por ejemplo, brilla) y puede pensarse que está "en la delantera" del Desplazamiento. Las partículas recubren una porción de un mapa de desplazamiento de superficie virtual (es decir, un mapa de *wexel*). El Desplazamiento representa el metal sólido permanente incluyendo tanto el metal de base inicial como el cordón de soldadura que ha

solidificado.

Según una realización de ejemplo, el procedimiento de soldeo simulado en un espacio de realidad virtual actúa de la siguiente manera: las partículas se separan de un emisor (emisor de la herramienta de soldadura de práctica simulada) formando un cono delgado. Las partículas entran en contacto en primer lugar con la superficie de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica en la que la superficie está definida por un mapa de *wexel*. Las partículas interaccionan entre sí y con el mapa de *wexel* y se acumulan en tiempo real. Se añade más calor cuanto más cerca está un *wexel* del emisor. Se modela el calor en dependencia de la distancia desde el punto de arco y la cantidad de tiempo en que se introduce calor desde el arco. Determinados elementos visuales (por ejemplo, color, etc.) están dirigidos por el calor. Se dibuja o reproduce un charco de soldadura en un espacio de realidad virtual para *wexels* que tienen suficiente calor. Siempre que está lo suficientemente caliente, el mapa de *wexel* se licua, provocando que se “eleve” el desplazamiento de charco para las ubicaciones de esos *wexel*. Se determina el desplazamiento de charco tomando muestras de las partículas “más altas” en cada ubicación de *wexel*. A medida que se mueve el emisor a lo largo de la trayectoria de soldadura, se enfrían las ubicaciones de *wexel* que se dejan atrás. Se retira calor de una ubicación de *wexel* a una velocidad particular. Cuando se alcanza un umbral de enfriamiento, se solidifica el mapa de *wexel*. Como tal, el desplazamiento de charco se convierte gradualmente en Desplazamiento (es decir, un cordón solidificado). El desplazamiento añadido es equivalente a Charco retirado de tal manera que la altura global no cambia. Se ajustan las duraciones de vida de las partículas para que persistan hasta que se completa la solidificación. Determinadas propiedades de partícula que pueden modelarse incluyen atracción/repulsión, velocidad (relacionada con calor), amortiguación (relacionada con disipación de calor) y dirección (relacionada con la gravedad).

Las figuras 17a-17c ilustran una realización de ejemplo del concepto de un modelo de charco de desplazamiento dual o doble (desplazamiento y partículas) usado por el sistema de soldeo virtual. Se simulan en el entorno de soldeo de realidad virtual uniprobetas de ensayo de soldeo de práctica que tienen una pluralidad de superficies tal como se describió anteriormente. Las superficies descritas anteriormente (por ejemplo, superficie horizontal ranurada, superficie vertical ranurada, superficie curva ranurada, superficies solapadas, etc.) se simulan en el entorno de soldeo de realidad virtual como capas de desplazamiento doble que tienen una capa de desplazamiento de sólido y una capa de desplazamiento de charco. La capa de desplazamiento de charco puede modificar la capa de desplazamiento de sólido.

Tal como se describe en el presente documento, “charco” está definido por un área del mapa de *wexel* en la que el valor de Charco se ha elevado por la presencia de partículas. Se representa el procedimiento de toma de muestras en las figuras 17a-17c. Se muestra una sección de un mapa de *wexel* que tiene siete *wexels* adyacentes. Los valores de Desplazamiento actuales se representan mediante barras 1710 rectangulares no sombreadas de una altura dada (es decir, un desplazamiento dado para cada *wexel*). En la figura 17a, las partículas 1720 se muestran como puntos redondos no sombreados que colisionan con los niveles de Desplazamiento actuales y se apilan. En la figura 17b, se toman muestras de las alturas 1730 de partícula “más altas” en cada ubicación de *wexel*. En la figura 17c, los rectángulos 1740 sombreados muestran cuánto Charco se ha añadido en la delantera del Desplazamiento como resultado de las partículas. La altura del charco de soldadura no se establece instantáneamente en los valores tomados como muestra puesto que se añade Charco a una velocidad de licuación particular basándose en el Calor. Aunque no se muestra en las figuras 17a-17c, es posible visualizar el procedimiento de solidificación como que el Charco (rectángulos sombreados) se contrae gradualmente y el Desplazamiento (rectángulos no sombreados) crece gradualmente desde abajo para ocupar el lugar exactamente del Charco. De esta manera, se simulan de manera precisa características de fluidez de metal fundido en tiempo real. A medida que un usuario practica un procedimiento de soldeo particular, el usuario puede observar las características de fluidez de metal fundido y las características de disipación de calor del charco de soldadura en tiempo real en un espacio de realidad virtual y usar esta información para ajustar o mantener su técnica de soldeo.

El número de *wexels* que representan la superficie de una uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica es fijo. Además, las partículas de charco que se generan por la simulación para modelar la fluidez son temporales, tal como se describe en el presente documento. Por tanto, una vez que se genera un charco inicial en un espacio de realidad virtual durante un procedimiento de soldeo simulado, el número de *wexels* más las partículas de charco tiende a permanecer relativamente constante. Esto es debido a que el número de *wexels* que se procesan es fijo y el número de partículas de charco que existen y se procesan durante el procedimiento de soldeo tiende a permanecer relativamente constante porque las partículas de charco se “crean” y “destruyen” a una velocidad similar (es decir, las partículas de charco son temporales). Por tanto, la carga de procesamiento del subsistema basado en procesador programable permanece relativamente constante durante una sesión de soldeo simulado.

Debe resultar evidente que esta divulgación es a modo de ejemplo y que pueden realizarse diversos cambios añadiendo, modificando o eliminando detalles sin apartarse del alcance razonable de las enseñanzas contenidas en esta divulgación. Por tanto, la invención no está limitada a detalles particulares de esta divulgación excepto en la medida en que las siguientes reivindicaciones estén limitadas necesariamente en ese sentido.

**65 Números de referencia**

	10 sistema de soldeo virtual
	12 subsistema
5	14 usuario
	16 interfaz de usuario de soldeo
	18 dispositivo de presentación visual
10	20 herramienta de soldeo de práctica
	22 uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica
15	22a uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica
	22b uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica
	22c uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica
20	24 caja
	26 tapa
25	28 base
	30 base
	32 primera pared
30	33 intersección
	34 segunda pared
35	36 ranura
	38 ranura
	40 ranura
40	42 superficie curva
	43 intersección
45	44 ranura curva
	46 fuente magnética
	46a fuente magnética
50	46b fuente magnética
	50 superficie superior
55	52 ranura horizontal
	54 porción cilíndrica que sobresale hacia arriba
	55 intersección
60	56 primera superficie vertical
	58 apéndice horizontal
65	60 segunda superficie vertical

	62 apéndice vertical
	63 intersección
5	64 tercera superficie vertical
	66 ranura vertical
	68 cuarta superficie vertical
10	70 ranura horizontal
	72 soporte
15	74 brazo
	75 ranura vertical
	76 collar
20	77 apéndice que sobresale hacia abajo
	78 extremo cilíndrico superior
25	80 saliente cilíndrico
	82 orificio
	84 orificio
30	86 porción escalonada
	88 porción escalonada
35	1710 barras rectangulares
	1720 partículas
	1730 altura de partícula
40	1740 rectángulos sombreados

**REIVINDICACIONES**

1. Uniprobeta (22, ...) de ensayo de soldeo de práctica para un sistema de soldeo virtual, que comprende:
- 5 una primera superficie exterior;
- una segunda superficie exterior perpendicular a la primera superficie exterior, en la que la primera superficie exterior y la segunda superficie exterior proporcionan conjuntamente una pluralidad de ranuras (36, 38, 40, ...) configuradas para la simulación de una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras de ranura en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica;
- 10 una superficie (42, ...) exterior curva configurada para la simulación de una soldadura de filete de tubería en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica; y
- 15 una fuente (46) magnética configurada para generar un campo magnético alrededor de la uniprobeta (22, ...) de ensayo de soldeo de práctica para realizar un seguimiento de los movimientos de una herramienta de soldeo de práctica con respecto a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.
2. Uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica según la reivindicación 1, en la que la fuente magnética es una base para la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, y soporta las superficies exteriores primera y segunda encima de la base.
- 20 3. Uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica según la reivindicación 1, en la que la fuente magnética se fija a una o más superficies exteriores de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.
- 25 4. Uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dichas superficies y/o superficies adicionales de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica están configuradas conjuntamente para facilitar la simulación de cada una de una soldadura de ranura vertical, una soldadura de ranura horizontal, una soldadura de ranura plana, una soldadura de filete horizontal y una soldadura de filete vertical.
- 30 5. Uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dichas superficies y/o superficies adicionales de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica están configuradas conjuntamente para facilitar la simulación de cada una de una soldadura de ranura vertical, una soldadura de ranura plana y una soldadura de filete sobre cabeza.
- 35 6. Sistema de soldeo virtual, que comprende:
- 40 una herramienta (20) de soldeo de práctica para realizar soldaduras simuladas;
- una uniprobeta (22, ...) de ensayo de soldeo de práctica configurada para recibir una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas usando la herramienta de soldeo de práctica, comprendiendo la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica al menos una superficie ranurada y al menos una superficie curva, en el que
- 45 la pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas incluye:
- una soldadura de filete de tubería;
- 50 una soldadura de ranura; y
- una soldadura de filete lineal;
- 55 un subsistema basado en procesador programable que puede hacerse funcionar para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldeo de realidad virtual interactivo que simula una actividad de soldeo en una uniprobeta de ensayo de soldeo virtual correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, en el que el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo incluye un charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual generada en tiempo real en respuesta a las soldaduras simuladas en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica; y
- 60 un dispositivo (18) de presentación visual conectado operativamente al subsistema basado en procesador programable y configurado para representar visualmente el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo, que incluye el charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual, en tiempo real.
- 65 7. Sistema de soldeo virtual según la reivindicación 6, en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica comprende una fuente (46) magnética fijada a la probeta de ensayo de soldeo de práctica y configurada

para generar un campo magnético alrededor de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica para realizar un seguimiento de los movimientos de la herramienta de soldeo de práctica con respecto a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica durante el soldeo simulado.

- 5 8. Sistema de soldeo virtual según la reivindicación 6 ó 7, en el que la fuente magnética es una base de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica configurada para soportar dichas superficies por encima de la fuente magnética cuando está en uso la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.
- 10 9. Sistema de soldeo virtual según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica incluye un apéndice configurado para recibir tanto una soldadura de filete horizontal simulada como una soldadura de filete sobre cabeza.
- 15 10. Sistema de soldeo virtual según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica tiene una pluralidad de orificios configurados para recibir soldaduras de tapón simuladas y/o en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica está configurada además para recibir una soldadura a solape simulada.
- 20 11. Sistema de soldeo virtual según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en el que el charco de soldadura virtual incluye características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real dinámicas que se presentan visualmente en el dispositivo de presentación visual durante el soldeo simulado.
- 25 12. Sistema de soldeo virtual, que comprende:  
una herramienta (20) de soldeo de práctica para realizar soldaduras simuladas, en el que la herramienta de soldeo de práctica comprende un sensor de campo magnético;  
una uniprobeta (22, ...) de ensayo de soldeo de práctica configurada para recibir una pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas usando la herramienta de soldeo de práctica, comprendiendo la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica una fuente magnética configurada para generar un campo magnético alrededor de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica para realizar un seguimiento de los movimientos de la herramienta de soldeo de práctica con respecto a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica comprende además al menos una superficie vertical ranurada, al menos una superficie horizontal ranurada y al menos una superficie curva, en el que la pluralidad de diferentes tipos de soldaduras simuladas incluye:  
una soldadura de filete de tubería;  
una soldadura de ranura vertical;  
40 una soldadura de ranura horizontal;  
una soldadura de ranura plana;  
45 una soldadura de filete horizontal; y  
una soldadura de ranura de tubería o una soldadura de filete sobre cabeza;
- 50 un subsistema basado en procesador programable que puede hacerse funcionar para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldeo de realidad virtual interactivo que simula una actividad de soldeo en una uniprobeta de ensayo de soldeo virtual correspondiente a la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, en el que el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo incluye un charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual generada en tiempo real en respuesta a las soldaduras simuladas en la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica, y en el que el charco de soldadura virtual incluye características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real dinámicas; y
- 55 un dispositivo de presentación visual conectado operativamente al subsistema basado en procesador programable y configurado para representar visualmente el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo, que incluye el charco de soldadura virtual en la uniprobeta de ensayo de soldeo virtual, en tiempo real.
- 60 13. Sistema de soldeo virtual según la reivindicación 12, en el que la fuente magnética es una base de la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica configurada para soportar dichas superficies por encima de la fuente magnética cuando está en uso la uniprobeta de ensayo de soldeo de práctica.
- 65 14. Sistema de soldeo virtual según la reivindicación 12 ó 13, en el que la uniprobeta de ensayo de soldeo de

práctica está configurada además para recibir una soldadura de filete vertical simulada.

- 5 15. Sistema de soldeo virtual según la reivindicación 6 ó 12, en el que la al menos una superficie vertical ranurada, la al menos una superficie horizontal ranurada y la al menos una superficie curva se simulan respectivamente en el entorno de soldeo de realidad virtual interactivo como capas de desplazamiento doble, en el que cada capa de desplazamiento doble incluye una capa de desplazamiento de sólido y una capa de desplazamiento de charco, y en el que la capa de desplazamiento de charco puede modificar la capa de desplazamiento de sólido.
- 10 16. Sistema de soldeo virtual según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, en el que las características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real dinámicas se presentan visualmente en el dispositivo de presentación visual durante el soldeo simulado.

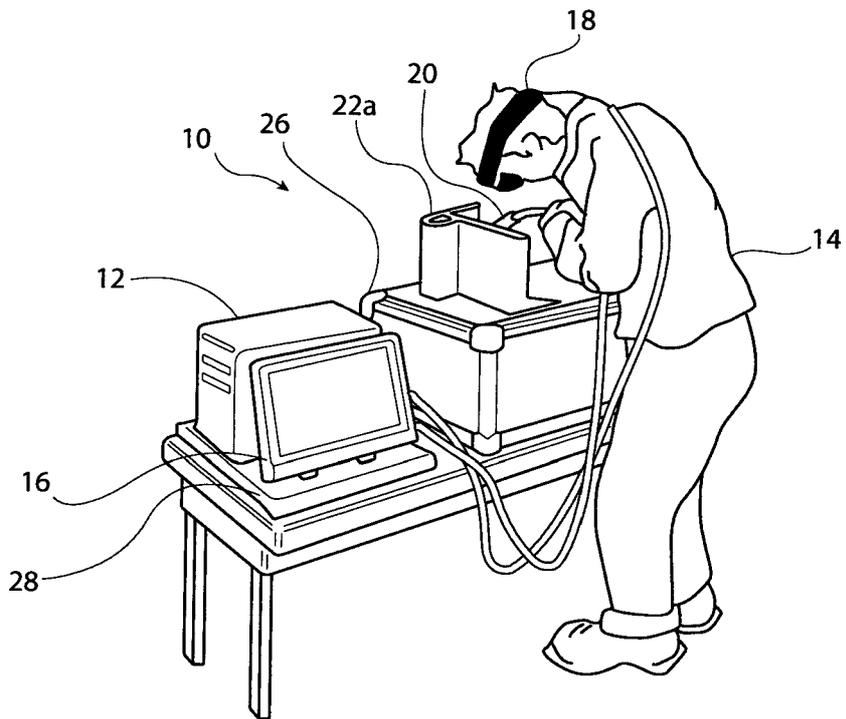


FIG. 1

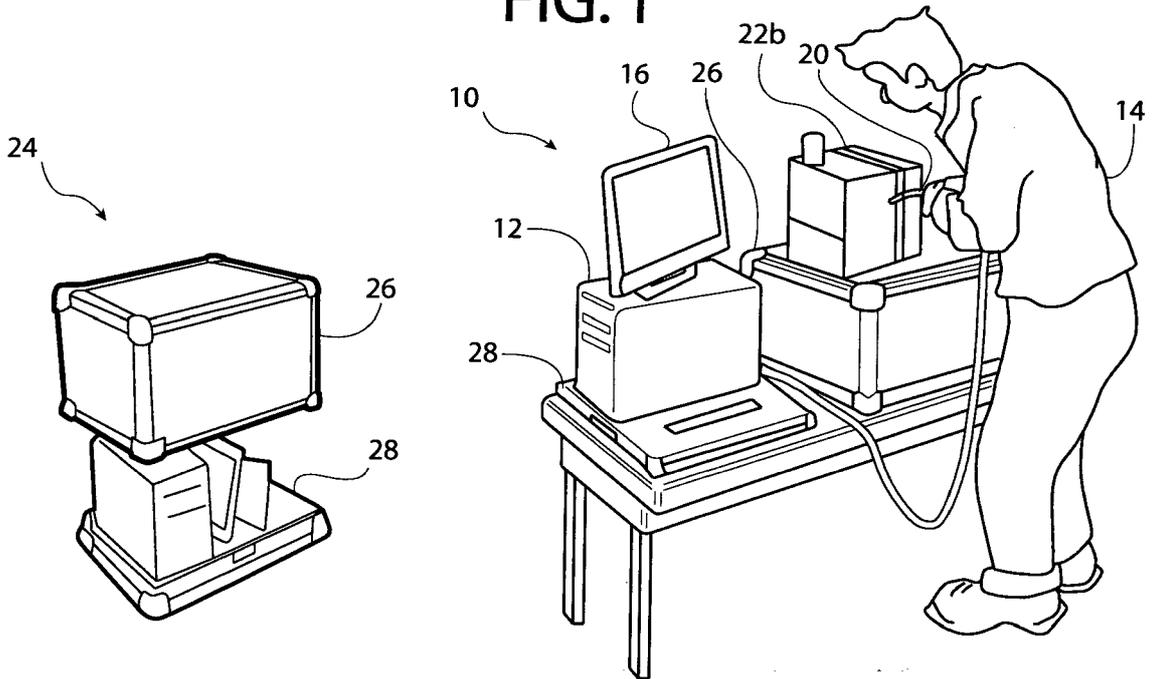


FIG. 2

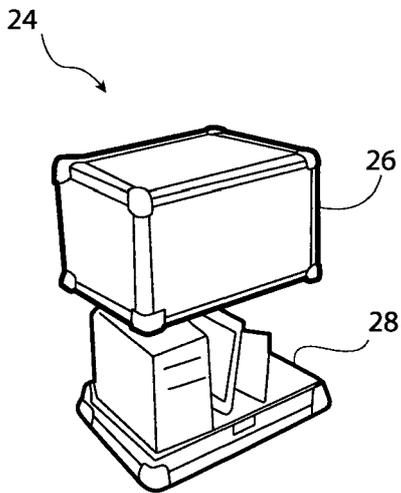


FIG. 3

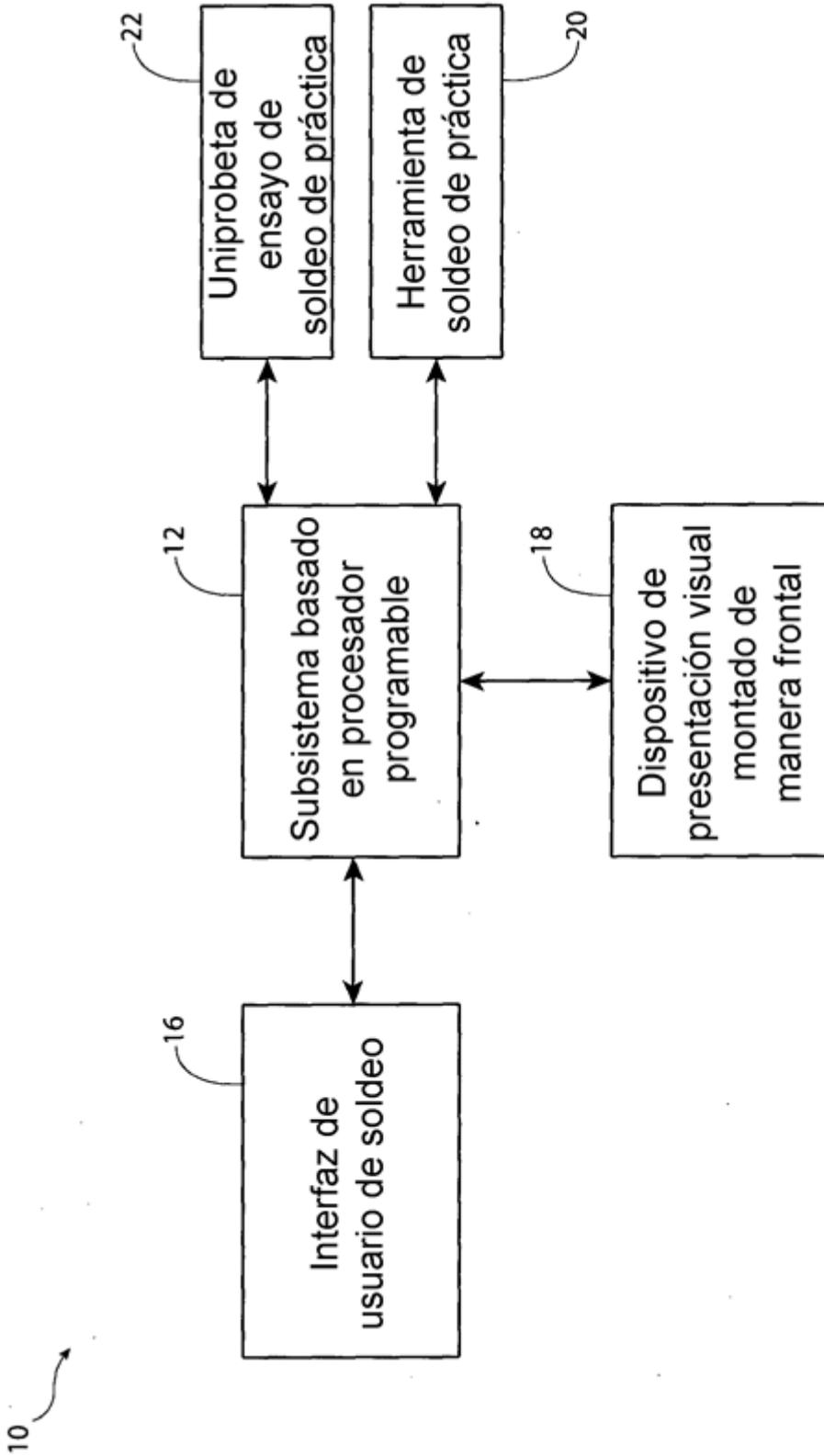


FIG.4

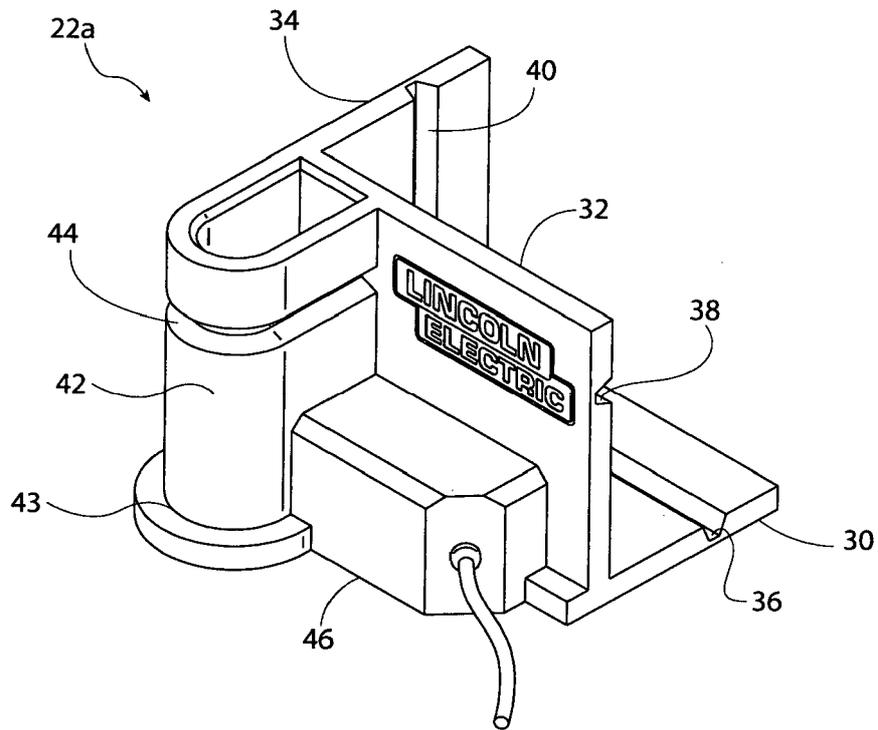


FIG. 5

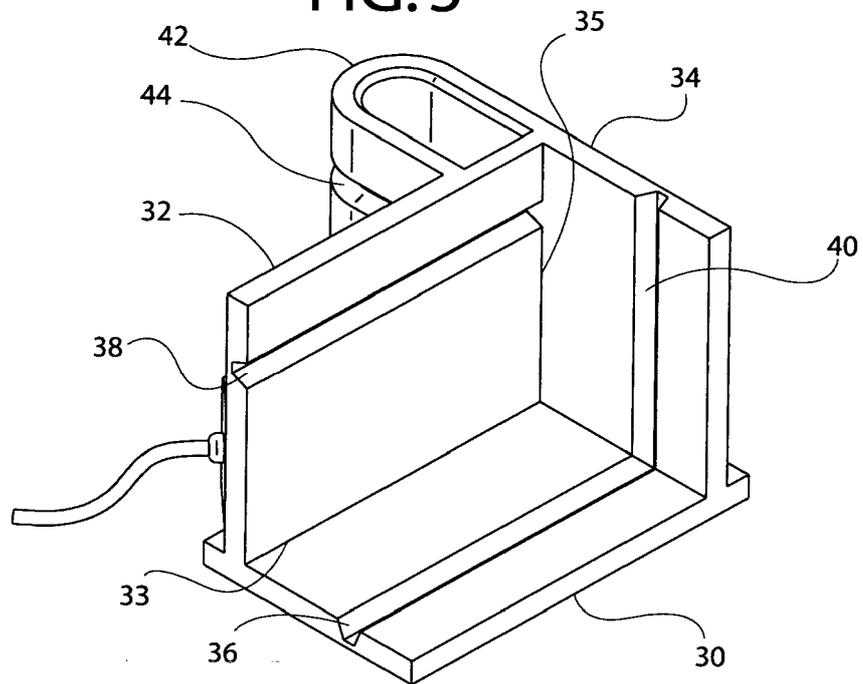


FIG. 6

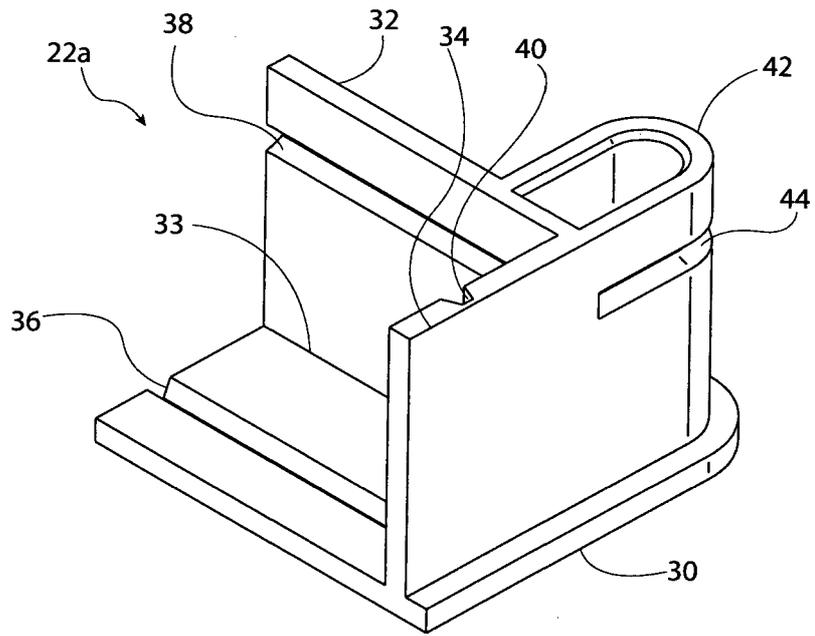


FIG. 7

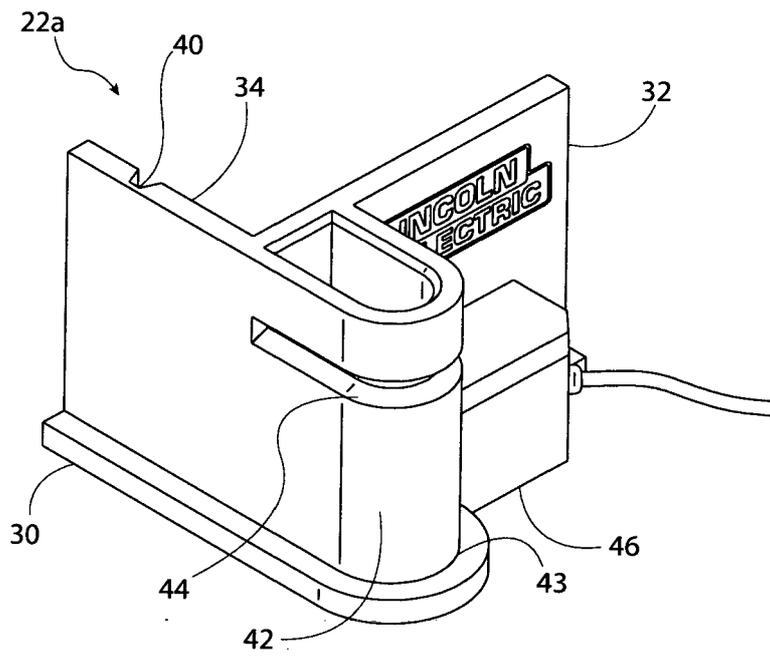
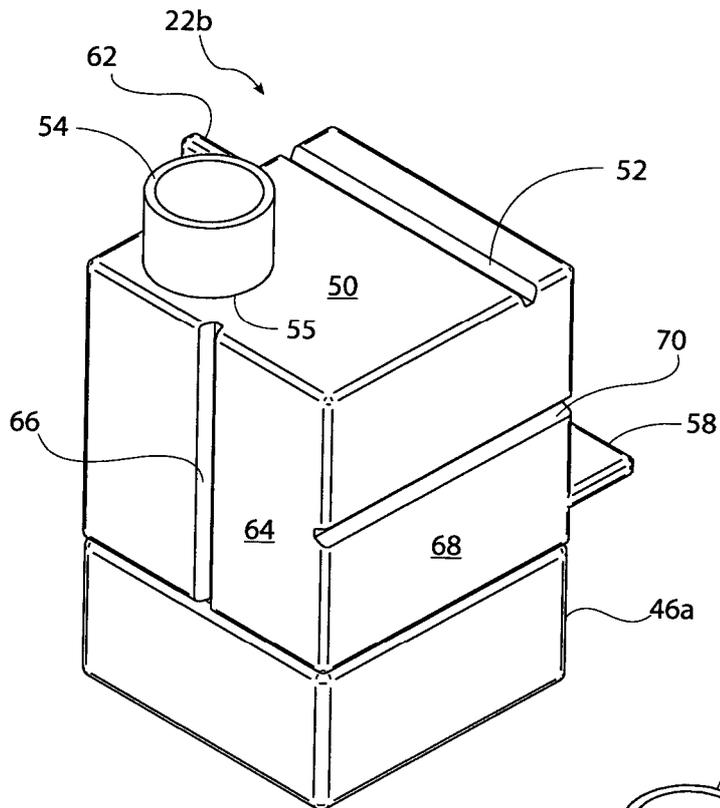
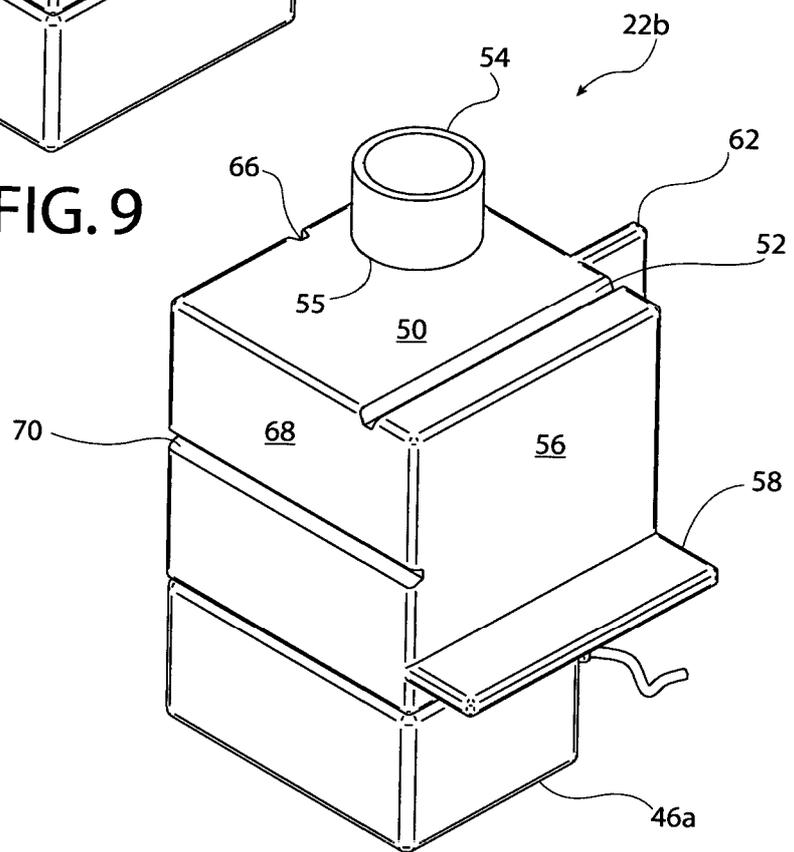


FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**

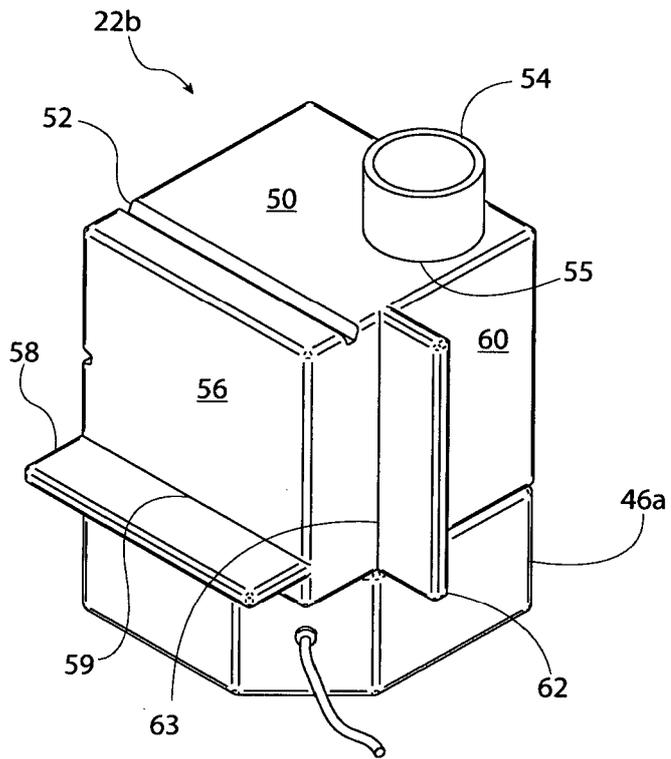


FIG. 11

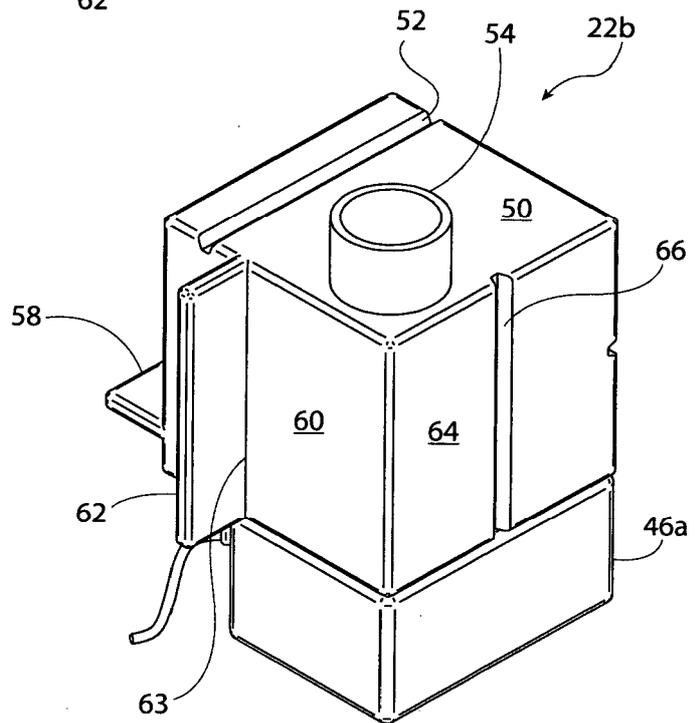


FIG. 12

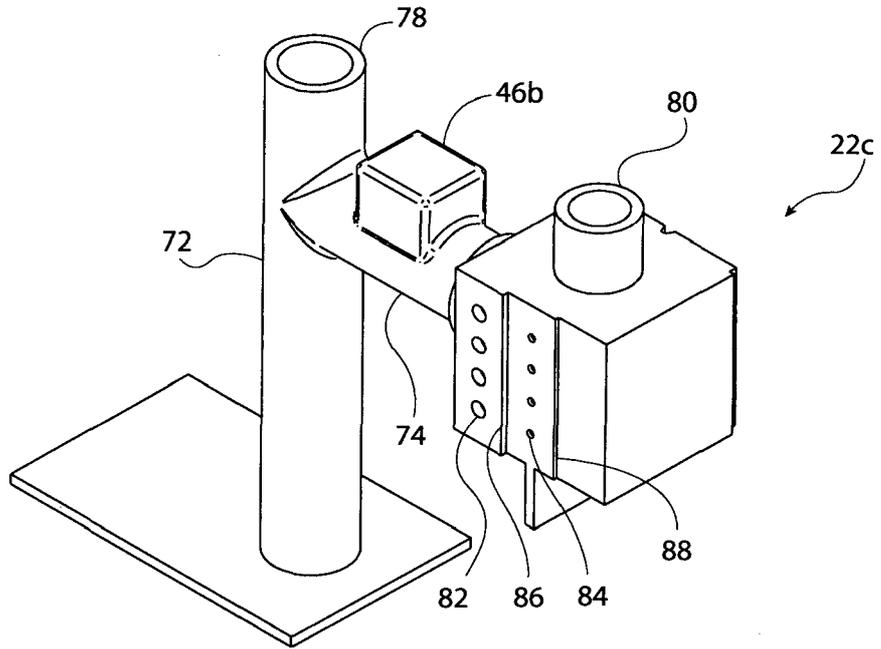


FIG. 13

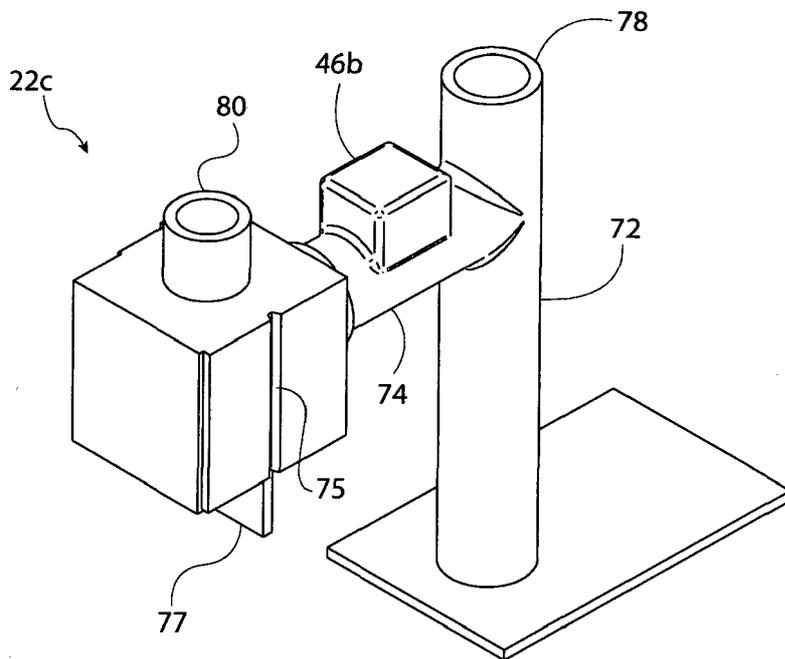


FIG. 14

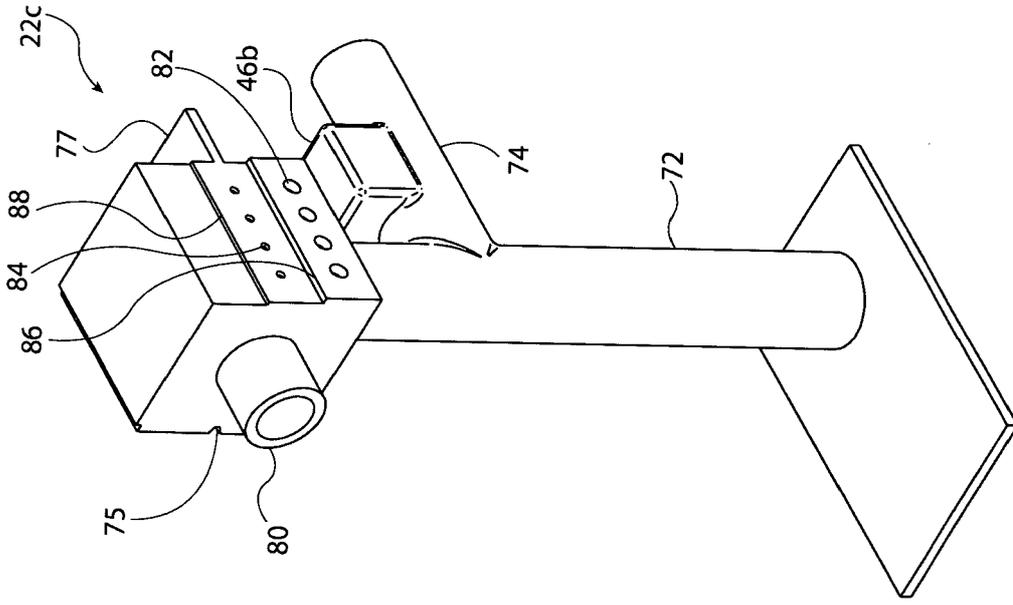


FIG. 15

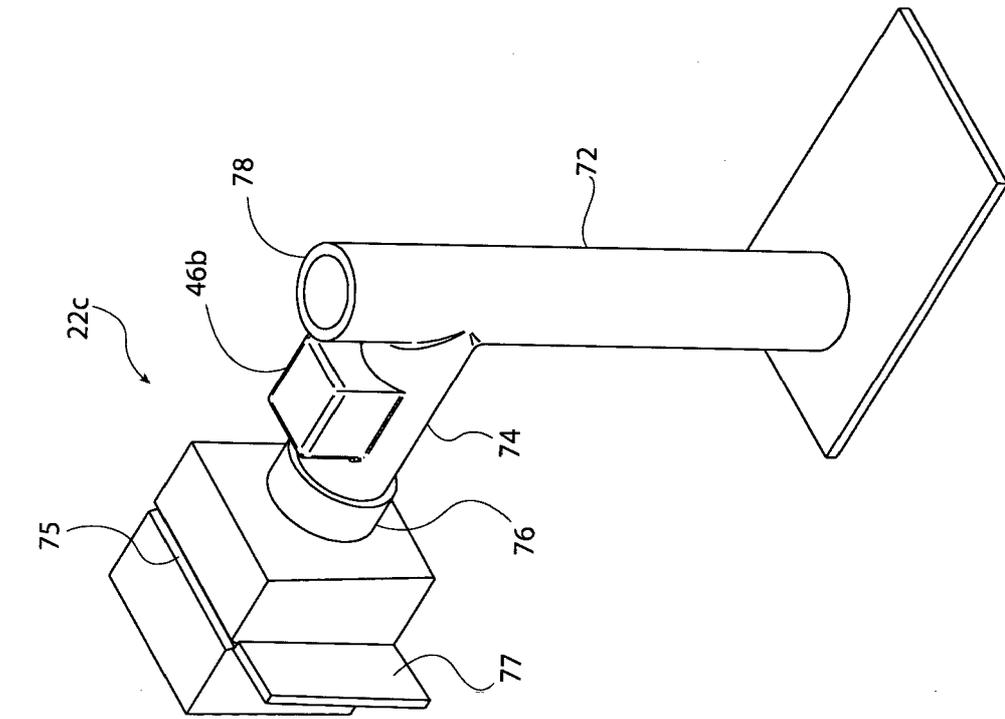


FIG. 16

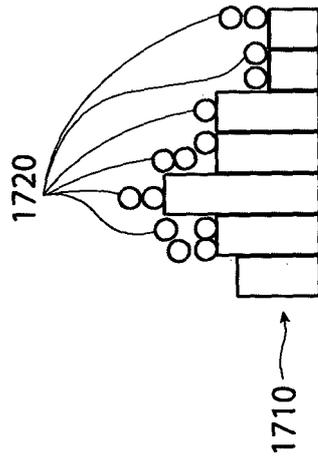


FIG. 17A

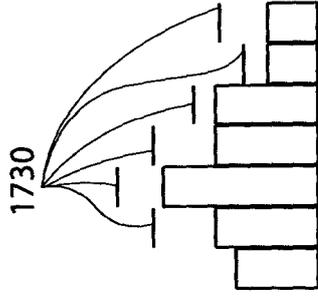


FIG. 17B

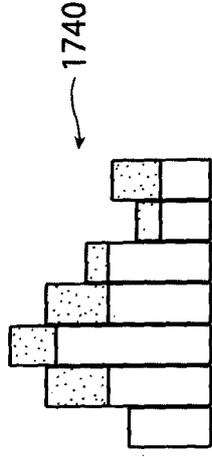


FIG. 17C