

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 007**

51 Int. Cl.:

B23Q 41/02 (2006.01)

B29C 45/42 (2006.01)

B29C 33/44 (2006.01)

B23Q 3/06 (2006.01)

B23Q 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2012 E 12784433 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2773488**

54 Título: **Transferencia de coordenadas de referencia**

30 Prioridad:

03.11.2011 GB 201118981

03.11.2011 US 201161555004 P

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

27.04.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

SANDERCOCK, STEPHEN y

SMITH, JONATHAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 568 007 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

Transferencia de coordenadas de referencia

Campo técnico

5 La presente invención se refiere de manera general a técnicas usadas en la fabricación de grandes piezas, tales como partes componentes de turbinas eólicas de escala industrial modernas. Más específicamente, la presente invención se refiere a un método y aparato para transferir una pieza de trabajo tal como un componente de turbina eólica grande con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas en un proceso de fabricación.

Antecedentes

10 Muchos componentes de turbinas eólicas modernas tales como palas de rotor y partes componentes de las mismas se crean en grandes moldes. Una vez formadas, las piezas moldeadas se liberan de los moldes y se transfieren a otra herramienta donde tienen lugar etapas de fabricación posteriores. Por ejemplo, las piezas moldeadas pueden transferirse a una plataforma de ensamblaje para su ensamblaje con otras piezas para formar el componente terminado. La pieza moldeada o componente terminado también puede transferirse a herramientas para operaciones de mecanizado o acabado.

15 Generalmente es importante garantizar una alineación precisa entre una pieza de trabajo, por ejemplo la pieza moldeada a la que se hizo referencia anteriormente, y la herramienta a la que se transfiere. Esto garantiza que las operaciones de ensamblaje o las etapas de mecanizado o acabado posteriores se realizan correctamente, y dentro de tolerancias aceptables predefinidas. Para facilitar esta alineación, la pieza de trabajo normalmente está dotada de una parte de sacrificio en su periferia sobre la que se proporciona una característica de coordenadas de referencia o punto de referencia equivalente. La característica de coordenadas de referencia sobre la pieza de trabajo se acopla con, o se alinea de otro modo con, una característica de coordenadas de referencia correspondiente en la herramienta a la que se transfiere la pieza de trabajo para garantizar una correcta alineación de la pieza de trabajo con la herramienta. La parte de sacrificio de la pieza de trabajo se retira en última instancia para formar el componente terminado.

25 Un ejemplo del proceso anterior es la producción de un larguero para una pala de turbina eólica. Un larguero es un elemento de refuerzo alargado que se extiende en el interior de la pala desde la raíz hasta la punta para proporcionar rigidez estructural a la pala. La solicitud de patente PCT WO2009/153341A2 del solicitante describe un larguero formado a partir de cuatro piezas: dos refuerzos de larguero y dos almas de resistencia a esfuerzo cortante. Los refuerzos de larguero forman parte cada uno de un revestimiento aerodinámico superior e inferior respectivo de la pala de turbina eólica, mientras que las almas de resistencia a esfuerzo cortante comprenden vigas longitudinales que se extienden entre los refuerzos de larguero. Los dos refuerzos de larguero y las dos almas de resistencia a esfuerzo cortante se ensamblan para formar una estructura de larguero que tiene una sección transversal en forma de caja.

35 Los refuerzos de larguero están hechos a partir de materiales compuestos reforzados con fibra de carbono y se forman en moldes hembra. Una vez formados, los refuerzos de larguero moldeados se elevan de los moldes usando una grúa u otro equipo de elevación y se transfieren a una plataforma de ensamblaje para su ensamblaje con las dos almas de resistencia a esfuerzo cortante para formar la estructura de caja de largueros.

40 Durante el proceso de moldeo inicial, se crea una parte de sacrificio en un extremo de cada refuerzo de larguero. La parte de sacrificio comprende generalmente un reborde. Una característica de coordenadas de referencia hembra se proporciona en la parte de sacrificio. Para garantizar una correcta alineación del refuerzo de larguero en la plataforma de ensamblaje, el refuerzo de larguero se dispone en la plataforma de ensamblaje de manera que la característica de coordenadas de referencia hembra coincide con una característica de coordenadas de referencia macho correspondiente asociada con la plataforma de ensamblaje. Una vez se ha ensamblado la estructura de larguero, las partes de sacrificio de los refuerzos de larguero se retiran y desechan.

45 Crear partes de sacrificio en una pieza de trabajo conduce en última instancia a desperdicio de material. La presente invención tiene como objetivo proporcionar un método y aparato más eficientes y más rentables para garantizar correcta alineación de una pieza de trabajo con herramientas, que evita el requisito de proporcionar partes de sacrificio en la pieza de trabajo.

50 Cuando se elevan y transfieren componentes muy grandes tales como parte de una pala de rotor de turbina eólica entre herramientas, es importante preservar la geometría precisa del componente e impedir que se someta a torsión o combado. Muchas palas de rotor modernas están diseñadas de hecho para tener una determinada torsión, y es importante poder soportar componentes con torsión sin alterar esta torsión. En el presente, se une un armazón de celosía sustancial a estos componentes de modo que los componentes permanezcan soportados completamente durante la transferencia. La estructura de armazón de celosía es muy pesada, y colocarla en relación con el componente requiere un gran cuidado y el uso de equipo de elevación pesado.

55 El documento WO98/50180 describe una herramienta de depositado sobre la que se realizan piezas de material

compuesto. La herramienta, junto con la pieza de material compuesto pueden transportarse a una máquina herramienta tal como una máquina herramienta de pórtico de cinco ejes.

5 La presente invención también tiene como objetivo proporcionar un método y aparato mejorados adecuados para transferir grandes piezas entre herramientas, lo que puede facilitar la fabricación de turbinas eólicas y partes componentes de las mismas.

Sumario de la invención

10 Según un primer aspecto de la presente invención se proporciona un método para transferir una pieza de trabajo tal como un componente de turbina eólica grande con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas durante un proceso de fabricación, comprendiendo el método: disponer una estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con una primera herramienta, soportando la primera herramienta una pieza de trabajo; unir la pieza de trabajo a la estructura de soporte; liberar la pieza de trabajo de la primera herramienta; disponer la estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con la segunda herramienta y de manera que la pieza de trabajo está soportada por la segunda herramienta; y liberar la pieza de trabajo de la estructura de soporte, en el que disponer la estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con las herramientas primera y segunda garantiza una correcta alineación de la pieza de trabajo con respecto a la segunda herramienta.

15 El método según la presente invención elimina la necesidad de proporcionar características de coordenadas de referencia en la propia pieza de trabajo. Esto se debe a que la estructura de soporte puede alinearse de manera precisa con las herramientas, es decir disponerse con registro de coordenadas de referencia con las herramientas, y la pieza de trabajo permanece unida a la estructura de soporte durante la transferencia entre las herramientas. La presente invención por tanto elimina la necesidad de partes de sacrificio que portan coordenadas de referencia en la pieza de trabajo, reduciendo de ese modo el coste y desperdicio de material, tanto en términos de costes de material, como costes de proceso debido a que la retirada de partes de sacrificio requiere etapas de proceso adicionales.

20 Disponer la estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con la o cada herramienta preferiblemente implica formar un enclavamiento entre la estructura de soporte y la respectiva herramienta. El enclavamiento puede servir para restringir o impedir sustancialmente el movimiento lateral relativo entre la estructura de soporte y la herramienta, manteniendo de ese modo una alineación precisa de la estructura de soporte en relación con la herramienta. En realizaciones preferidas de la invención, la estructura de soporte y la herramienta están dispuestas en acoplamiento coincidente por medio de formaciones de coordenadas de referencia macho y hembra proporcionadas en la estructura de soporte y las respectivas herramientas.

25 La estructura de soporte puede unirse a la pieza de trabajo por medio de cualquier medio de unión adecuado, por ejemplo mediante acoplamiento mecánico o por adhesión. Sin embargo, el método implica preferiblemente unir la pieza de trabajo a la estructura de soporte por medio de vacío. Por ejemplo el método puede incluir unir una o más ventosas o ventosas planas de vacío asociadas con la estructura de soporte a una superficie de la pieza. La unión por vacío es particularmente ventajosa porque permite unir y liberar la pieza de la estructura de soporte rápidamente y no daña la superficie de la pieza.

30 Liberar la pieza de trabajo de la primera herramienta puede comprender desacoplar la pieza de trabajo de la primera herramienta. Si la pieza de trabajo no está acoplada a la primera herramienta, liberar la pieza de trabajo puede implicar sencillamente elevar la pieza de trabajo alejándola de la primera herramienta, o separar de otro modo la pieza de trabajo y la primera herramienta.

35 Si la primera herramienta es un molde, liberar la pieza de trabajo de la primera herramienta puede implicar desmoldar la pieza de trabajo de una superficie de molde de la primera herramienta. El método puede comprender desprender la pieza de trabajo de la superficie de molde. Desprender la pieza de trabajo de la superficie de molde implica generalmente liberar en primer lugar una parte de borde o parte de extremo de la pieza de trabajo de la superficie de molde antes de liberar de manera secuencial piezas sucesivamente adyacentes de la pieza de trabajo, trabajando hacia un borde o extremo opuestos de la pieza de trabajo.

40 Desprender la pieza de trabajo de una superficie de molde es ventajoso porque requiere significativamente menos fuerza que la que se requeriría de otro modo para liberar toda la pieza de trabajo de la superficie de molde simultáneamente. Por tanto, el desprendimiento es particularmente beneficioso para piezas de trabajo grandes tales como palas de turbina eólicas modernas o partes componentes de las mismas.

45 Liberar la pieza de trabajo de la primera herramienta puede implicar aplicar una fuerza de liberación a la pieza de trabajo. La fuerza de liberación se aplica preferiblemente en una dirección sustancialmente perpendicular a una superficie de la primera herramienta sobre la que está soportada la pieza de trabajo. Esto garantiza que la pieza de trabajo se libera limpiamente de la superficie de la herramienta y no se ve arrastrada a lo largo de la superficie.

55 Preferiblemente el método implica ejercer la fuerza de liberación sobre la pieza de trabajo con la estructura de soporte haciendo tope con la primera herramienta de manera que se genera una reacción a la fuerza de liberación a través de la primera herramienta por medio de la estructura de soporte. Una alternativa sería usar equipo de

- 5 elevación externo tal como una grúa, en cuyo caso se generaría una reacción a la fuerza contra el suelo de la fábrica, por ejemplo. Sin embargo, si el acoplamiento entre la pieza de trabajo y la herramienta es fuerte, lo que puede ser el caso cuando la herramienta es un molde, usar equipo de elevación externo podría dar como resultado de manera inadvertida la elevación de la herramienta junto con la pieza de trabajo, o de manera más probable, podría dar como resultado la separación no controlada de la pieza de trabajo de la herramienta, lo que es peligroso y puede dar como resultado un daño al componente. Generar una reacción a la fuerza de liberación a través de la herramienta proporciona un mayor control del proceso de liberación. También permite realizar el proceso de liberación independientemente de una etapa de elevación posterior.
- 10 El método puede implicar aplicar la fuerza de liberación a la pieza de trabajo por medio de los medios de unión. Por ejemplo, los medios de unión están asociados preferiblemente con actuadores que pueden mover los medios de unión con respecto a la estructura de soporte. Preferiblemente la pieza de trabajo está unida a la estructura de soporte en una pluralidad de ubicaciones, por ejemplo en una serie de ubicaciones a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo. El método puede implicar aplicar la fuerza de liberación de manera secuencial en la serie de ubicaciones para desprender la pieza de trabajo de una superficie de molde de la herramienta.
- 15 El método puede implicar disponer una serie de estructuras de soporte a través de la primera herramienta por ejemplo a intervalos a lo largo de la longitud de la primera herramienta en el caso de una pieza de trabajo alargada tal como un componente de una pala de rotor. El método puede incluir unir cada estructura de soporte a una parte respectiva de la pieza de trabajo por medio de medios de unión asociados con la respectiva estructura de soporte. Esta disposición es conveniente porque evita tener que usar estructuras de soporte muy grandes para dar servicio a componentes muy grandes. El cambio de escala puede conseguirse variando la cantidad de estructuras de soporte en lugar del tamaño de la estructura de soporte, lo que conduce en sí mismo al diseño de un sistema modular que comprende una estructura de soporte universal. En un sistema modular, los medios de unión de los respectivos módulos pueden hacerse funcionar independientemente, y de manera secuencial para desprender la pieza de trabajo de una superficie de molde de la herramienta.
- 20 El método puede implicar aplicar la fuerza de liberación en una primera dirección a una primera parte de la pieza de trabajo y en una segunda dirección a una segunda parte de la pieza de trabajo, en el que las direcciones primera y segunda son diferentes. Las partes primera y segunda de la pieza de trabajo pueden estar separadas una en relación con la otra a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo. La primera dirección puede ser sustancialmente perpendicular a una superficie local de la primera parte de la pieza de trabajo y la segunda dirección puede ser sustancialmente perpendicular a una superficie local de la segunda parte de la pieza de trabajo. Este esquema puede usarse cuando la pieza de trabajo presenta una torsión a lo largo de su longitud, lo que es típico para piezas de palas de turbina eólica modernas tales como los revestimientos o largueros de pala. Al aplicar la fuerza de liberación perpendicular a la superficie local de una pieza de trabajo con torsión, la pieza de trabajo puede liberarse limpiamente de la herramienta, y las piezas con torsión pueden desprenderse de una superficie de molde.
- 25 El método implica preferiblemente elevar o mover de otro modo la estructura de soporte y la pieza de trabajo unida de la primera herramienta. Una grúa u otro equipo de elevación puede unirse a la estructura de soporte y usarse para elevar la estructura de soporte y la pieza de trabajo unida alejándolas de la primera herramienta. Alternativamente, se apreciará que la primera herramienta podría moverse en relación con la estructura de soporte y la pieza de trabajo unida.
- 30 El método puede implicar transportar la pieza de trabajo a la segunda herramienta. La segunda herramienta puede ser una plataforma de ensamblaje por ejemplo, en la que la pieza de trabajo se ensambla con otras piezas para formar un componente terminado. La segunda herramienta puede estar ubicada a distancia de la primera herramienta, por ejemplo en otra estación de la fábrica. La grúa u otro equipo de elevación mencionados anteriormente pueden usarse para transportar la estructura de soporte y la pieza de trabajo unida de la primera herramienta a la segunda herramienta. Alternativamente, la pieza de trabajo puede soportarse en una única ubicación y las herramientas moverse en relación con la pieza de trabajo.
- 35 La pieza de trabajo permanece preferiblemente unida de manera rígida a la o cada estructura de soporte durante la elevación y transporte de la pieza de trabajo de manera que se impide sustancialmente un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la o cada estructura de soporte. Esto garantiza que la pieza de trabajo se alinearán de manera precisa con la segunda herramienta cuando la estructura de soporte se dispone con registro de coordenadas de referencia con la segunda herramienta.
- 40 Dentro del mismo concepto de la invención, se proporciona un método de fabricación de un componente que comprende transferir una pieza de trabajo con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas según el método descrito anteriormente. El método es particularmente adecuado para fabricar piezas grandes, tales como partes componentes de una turbina eólica. Por ejemplo, el método puede usarse para fabricar una pala de rotor o una parte componente de la misma tal como un larguero o un refuerzo de larguero. Por tanto, dentro del concepto de la presente invención también se proporciona un componente de turbina eólica fabricado según el método descrito anteriormente, y una turbina eólica que tiene un componente fabricado según el método descrito anteriormente.
- 45 Según un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un aparato para transferir una pieza de trabajo

tal como un componente de turbina eólica grande con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas, comprendiendo el aparato: una estructura de soporte para portar la pieza de trabajo entre las herramientas; y un dispositivo de unión para unir la pieza de trabajo a la estructura de soporte, en el que la estructura de soporte comprende características de coordenadas de referencia para su alineación con características de coordenadas de referencia correspondientes de las herramientas primera y segunda.

Dentro del mismo concepto de la invención, la presente invención también proporciona una herramienta para soportar una pieza de trabajo tal como un componente de turbina eólica grande, comprendiendo la herramienta características de coordenadas de referencia para su alineación con características de coordenadas de referencia de un aparato tal como se definió anteriormente. Las herramientas primera y segunda a las que se hizo referencia anteriormente pueden ser cualquier herramienta en la que la alineación de la pieza de trabajo en la herramienta es importante. Por ejemplo, una o ambas herramientas pueden ser una herramienta de molde, una plataforma de ensamblaje, o parte de una estación de mecanizado o acabado. En realizaciones preferidas de la invención, la primera herramienta es una herramienta de molde. En los ejemplos detallados descritos más adelante, la primera herramienta es una herramienta de molde y la segunda herramienta es una plataforma de ensamblaje.

En realizaciones preferidas de la invención, la estructura de soporte incluye características de coordenadas de referencia que coinciden con características de coordenadas de referencia complementarias de las herramientas. Se apreciará que pueden usarse otras características de coordenadas de referencia no coincidentes para alinear la estructura de soporte con las herramientas. Se prefieren características de coordenadas de referencia coincidentes debido a que pueden formar un enclavamiento entre la estructura de soporte y la herramienta, lo que puede restringir o impedir sustancialmente el movimiento relativo entre la herramienta y la estructura de soporte y por tanto preservar la alineación de coordenadas de referencia.

Las características de coordenadas de referencia están configuradas preferiblemente para impedir sustancialmente el movimiento lateral relativo entre la estructura de soporte y la herramienta. El movimiento vertical relativo entre la estructura de soporte y la herramienta puede estar restringido por el peso de la estructura de soporte que se porta contra la herramienta. Si se requiere, pueden proporcionarse anclajes u otros medios de sujeción entre la estructura de soporte y la herramienta para restringir el movimiento vertical relativo.

Las características de coordenadas de referencia pueden incluir formaciones que sobresalen asociadas con una de las estructuras de soporte y la herramienta, que se reciben en correspondientes rebajes previstos en la otra de las estructuras de soporte y la herramienta. Alternativamente, la estructura de soporte puede tener tanto salientes como rebajes para acoplarse con rebajes y salientes correspondientes de la herramienta.

La estructura de soporte puede tener un primer conjunto de características de coordenadas de referencia para su alineación con características de coordenadas de referencia de la primera herramienta y un segundo conjunto de características de coordenadas de referencia para su alineación con un segundo conjunto de características de coordenadas de referencia de la segunda herramienta. Preferiblemente, sin embargo, la estructura de soporte tiene un único conjunto de características de coordenadas de referencia que se alinean con características de coordenadas de referencia correspondientes de las herramientas tanto primera como segunda; a este respecto las características de coordenadas de referencia de la primera herramienta pueden coincidir con las características de coordenadas de referencia de la segunda herramienta.

La estructura de soporte puede incluir una superficie de tope que hace tope con una superficie de tope de la herramienta cuando la estructura de soporte se coloca con registro de coordenadas de referencia con la herramienta. Las características de coordenadas de referencia de la estructura de soporte pueden proporcionarse o montarse de otro modo en la superficie de tope de la estructura de soporte, mientras que las características de coordenadas de referencia de la herramienta pueden proporcionarse en la superficie de tope de la herramienta. En el caso de una herramienta de molde, la superficie de tope de la herramienta puede ser un reborde que rodea una superficie de molde de la herramienta. Un molde hembra generalmente tiene una superficie de molde sustancialmente cóncava con un reborde alrededor de una periferia superior de la superficie de molde. Un molde macho generalmente tiene una superficie de molde sustancialmente cóncava, y puede tener un reborde que rodea una periferia inferior de la superficie de molde.

Las características de coordenadas de referencia se proporcionan preferiblemente en la superficie de tope de la estructura de soporte. Para albergar herramientas de molde macho y herramientas de molde con torsión por ejemplo, una o más características de coordenadas de referencia pueden estar ubicadas en un separador previsto entre la estructura de soporte y la herramienta. Por ejemplo, una característica de coordenadas de referencia puede proporcionarse en el extremo de un separador montado en la estructura de soporte. En los ejemplos detallados descritos más adelante, se proporciona una característica de coordenadas de referencia en el extremo de un separador en forma de una columna, que se monta en la superficie de tope de la estructura de soporte. El separador puede asociarse alternativamente con la herramienta. En el caso de una herramienta de molde macho, los separadores están dimensionados de manera adecuada para albergar la superficie de molde convexa. En el caso de una pieza de trabajo con torsión, los separadores pueden estar dimensionados de manera adecuada para garantizar que la estructura de soporte es sustancialmente horizontal cuando se sitúa contra la herramienta.

El aparato está configurado preferiblemente de manera que se impide el movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la estructura de soporte cuando la pieza de trabajo se une a la estructura de soporte. Esto garantiza que la pieza de trabajo se alinearán de manera precisa con la segunda herramienta cuando la estructura de soporte se coloca con registro de coordenadas de referencia con la segunda herramienta. Puede concebirse que el aparato podría estar configurado para permitir algo de movimiento relativo entre la estructura de soporte y la pieza de trabajo, sin embargo entonces se requerirían medios adicionales de referenciación de la posición de la pieza de trabajo con respecto a la estructura de soporte, haciendo esta opción menos preferible.

El dispositivo de unión puede comprender cualquier medio adecuado para acoplar la pieza de trabajo a la estructura de soporte. Sin embargo, en realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de unión es parte de un conjunto de vacío que incluye un generador de vacío y una unión por vacío tal como una ventosa plana de vacío, ventosa de vacío o equivalente, que se dispone para sellarse contra una superficie de la pieza de trabajo. Se prefiere un acoplamiento de vacío porque permite unir y liberar la pieza de trabajo de la estructura de soporte rápidamente y sin dañar la superficie de la pieza de trabajo.

El dispositivo de unión puede incluir uno o más actuadores previstos entre la unión por vacío y la estructura de soporte. Actuadores adecuados incluyen arietes hidráulicos o neumáticos o equivalentes. Los actuadores pueden estar configurados para mover la unión por vacío hacia o en sentido contrario a la estructura de soporte. Por ejemplo, una vez se ha situado la estructura de soporte contra la herramienta, los actuadores pueden extenderse para presionar la unión por vacío contra la pieza de trabajo.

El aparato está configurado preferiblemente para ejercer una fuerza de liberación sobre la pieza de trabajo, provocando que la pieza de trabajo se libere de la primera herramienta. Por ejemplo, una vez se ha unido la unión por vacío a la pieza de trabajo, la fuerza de liberación puede ejercerse sobre la pieza de trabajo contrayendo los actuadores de manera que la ventosa plana de vacío se mueve hacia la estructura de soporte. El aparato está configurado preferiblemente de manera que se genera una reacción ante la fuerza de liberación por parte de la herramienta. Esto puede conseguirse ejerciendo la fuerza de liberación mientras la estructura de soporte permanece en contacto con la herramienta. Los beneficios de generar una reacción a la fuerza de liberación a través de la herramienta ya se han descrito anteriormente.

El aparato puede incluir una pluralidad de dispositivos de unión. Por ejemplo puede montarse una pluralidad de ventosas planas de vacío en la estructura de soporte. Cada dispositivo de unión puede disponerse para unirse a una parte de superficie local de la pieza de trabajo. El aparato puede estar controlado por ordenador. El aparato está configurado preferiblemente de manera que la pluralidad de dispositivos de unión pueden hacerse funcionar independientemente unos de otros. En determinadas realizaciones, el aparato puede estar configurado de manera que la pluralidad de dispositivos de unión se hacen funcionar de manera secuencial. Esto permite desprender la pieza de trabajo de una superficie de molde de la herramienta.

Se conciben realizaciones modulares del aparato. Por ejemplo, el aparato puede incluir una pluralidad de módulos que comprende cada uno unas estructuras de soporte y un dispositivo de unión. Esta disposición es particularmente adecuada para componentes muy grandes, tales como palas de turbina eólica y partes componentes de las mismas, que se forman en moldes igual de grandes. La pluralidad de módulos puede disponerse a intervalos a lo largo de la longitud de la herramienta, uniéndose cada una de las estructuras de soporte de los respectivos módulos a una superficie local de la pieza de trabajo. Tal como se mencionó anteriormente, los dispositivos de unión de los respectivos módulos pueden activarse de manera secuencial para desprender la pieza de trabajo de una superficie de la herramienta. A este respecto, y tal como se mencionó anteriormente, el aparato puede automatizarse bajo control por ordenador.

La o cada estructura de soporte incluye preferiblemente un punto de montaje para su unión a una grúa u otro equipo de elevación. Una vez se ha liberado la pieza de trabajo de la primera herramienta, el equipo de elevación puede hacerse funcionar para elevar la o cada estructura de soporte y pieza de trabajo unida de la primera herramienta y transferir la estructura de soporte y pieza de trabajo unida a la segunda herramienta. Tal como ya se describió anteriormente en relación con el primer aspecto de la invención, la o cada estructura de soporte se coloca contra la segunda herramienta de manera que la pieza de trabajo está soportada por la segunda herramienta, y la pieza de trabajo se libera de la o cada estructura de soporte en la segunda herramienta. Al colocar la estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con la segunda herramienta, se garantiza una alineación precisa de la pieza de trabajo con la segunda herramienta.

La o cada estructura de soporte es preferiblemente lo suficientemente rígida para evitar el combado o la torsión cuando soporta el peso de la pieza de trabajo. Esto garantiza que la pieza de trabajo se soporte completamente y que se conserve su geometría durante la transferencia entre herramientas. Las estructuras de soporte rígidas facilitan el transporte de la pieza de trabajo entre herramientas. Esto resulta particularmente beneficioso cuando se trabaja con piezas de trabajo muy grandes tales como palas de turbina eólica y partes componentes de las mismas porque elimina la necesidad de montar la pieza de trabajo en una estructura sustancial de armazón de celosía durante el transporte. En cambio, la grúa u otro equipo de elevación pueden unirse a un único punto de montaje de la estructura de soporte. Por consiguiente, se aumenta la velocidad y facilidad del proceso de fabricación.

La presente invención es particularmente adecuada para transferir piezas muy grandes entre herramientas, por ejemplo piezas de una turbina eólica. Por consiguiente, la pieza de trabajo a la que se hizo referencia anteriormente es preferiblemente un componente de turbina eólica tal como una pala de rotor o una parte componente de la misma, por ejemplo un larguero o parte de un conjunto de larguero tal como un refuerzo de larguero. Dentro del concepto de la invención la presente invención proporciona un componente de turbina eólica fabricado usando el método o aparato descritos anteriormente, y una turbina eólica que comprende dicho componente.

Se apreciará que características preferidas u opcionales descritas en relación con un aspecto de la invención son igualmente aplicables a otros aspectos de la invención y se ha evitado su repetición puramente por motivos de concisión.

10 **Breve descripción de los dibujos**

Con el fin de que pueda comprenderse más rápidamente la presente invención, a continuación se describirán en detalle realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a las siguientes figuras, en las que:

15 las figuras 1 a 5 se refieren a una primera realización de la presente invención y muestran una secuencia de etapas en las que se usa un conjunto de transferencia para transferir una pieza de trabajo de una herramienta de molde hembra a una plataforma de ensamblaje, en el que

la figura 1 muestra el conjunto de transferencia colocado encima de la herramienta de molde hembra;

la figura 2 muestra el conjunto de transferencia colocado con registro de coordenadas de referencia con la herramienta de molde hembra y unido a la pieza de trabajo;

20 la figura 3 muestra el conjunto de transferencia liberando la pieza de trabajo de la herramienta de molde hembra;

la figura 4 muestra el conjunto de transferencia y pieza de trabajo unida elevado de la herramienta de molde hembra; y

la figura 5 muestra el conjunto de transferencia y pieza de trabajo unida dispuestos encima de una plataforma de ensamblaje a la que ha de transferirse la pieza de trabajo;

25 la figura 6 ilustra una segunda realización de la presente invención en la que el conjunto de transferencia está adaptado para su uso con una herramienta de molde macho; y

la figura 7 ilustra cómo puede usarse el conjunto de transferencia en conexión con una pieza de trabajo que presenta una torsión a lo largo de su longitud.

Descripción detallada

30 La figura 1 muestra una pieza de trabajo 10 soportada en una herramienta de molde hembra 12. En este ejemplo, la pieza de trabajo 10 es un refuerzo de larguero para una estructura de larguero de una pala de turbina eólica tal como se describe en la solicitud de patente PCT WO2009/153341A2 del solicitante. El refuerzo de larguero 10 está moldeado a partir de material compuesto reforzado con fibra de carbono.

35 La herramienta de molde hembra 12, que se muestra en sección transversal en la figura 1, comprende una superficie de molde generalmente cóncava 14 y una parte de hombro superior o reborde 16. El reborde 16 es esencialmente una superficie lisa que rodea y se extiende hacia fuera desde una periferia 18 de la superficie de molde cóncava 14.

40 Se proporciona una pluralidad de características de coordenadas de referencia hembra 20 en el reborde. Un par de características de coordenadas de referencia hembra 20 se muestran en la figura 1. Las características de coordenadas de referencia hembra 20 están ubicadas opuestas entre sí en lados respectivos de la superficie de molde 14. En este ejemplo, las características de coordenadas de referencia hembra 20 comprenden cada una un rebaje sustancialmente cilíndrico.

45 Un conjunto de transferencia 22 se muestra en la figura 1. El conjunto de transferencia 22 comprende una estructura de soporte en forma de armazón 24 y un conjunto de vacío. El conjunto de vacío comprende un generador de vacío y una batería para alimentar el generador de vacío, que se portan sobre una superficie superior 26 del armazón 24, tal como se representa mediante el recuadro 28 en la figura 1. El conjunto de vacío también incluye un dispositivo de unión 30 en forma de ventosa plana de vacío, que está montada en un lado inferior 32 del armazón 24 por medio de un par de actuadores 34. La ventosa plana de vacío 30 incluye una junta de alta sustentación 36 para sellarse contra una superficie interna 38 del refuerzo de larguero 10. Aunque solo se muestra una única ventosa plana de vacío 30 en la figura 1, en la práctica el conjunto de vacío puede incluir una pluralidad de ventosas planas de vacío 30 y actuadores asociados 34.

El conjunto de transferencia 22 también incluye una pluralidad de características de coordenadas de referencia

macho 40, que se proporcionan en una superficie de tope 42 del armazón 24. La superficie de tope 42 está ubicada en una región periférica del lado inferior 32 del armazón 24, y hace tope con el reborde 16 de la herramienta de molde 12 cuando el conjunto de transferencia 22 se sitúa sobre la herramienta 12. En la figura 1 se muestran un par de características de coordenadas de referencia macho 40. Las características de coordenadas de referencia macho 40 están ubicadas opuestas entre sí en lados respectivos del conjunto de vacío. En este ejemplo, las características de coordenadas de referencia macho 40 comprenden cada una, una espiga cónica.

El conjunto de transferencia 22 se usa para desmoldar el refuerzo de larguero 10 del molde hembra 12 y transferir el refuerzo de larguero 10 junto con las coordenadas de referencia del molde hembra 12 a una plataforma de ensamblaje tal como se describirá a continuación con referencia a las figuras 2 a 5.

Haciendo referencia a la figura 2, en su utilización el conjunto de transferencia 22 se sitúa contra el molde hembra 12 de manera que la superficie de tope 42 del armazón 24 hace tope con el reborde 16 del molde 12 recibéndose las espigas de coordenadas de referencia macho 40 del armazón 24 en el interior de los rebajes hembra 20 del reborde de molde 16. En esta configuración el armazón 24 y el molde 12 se bloquean de manera eficaz junto con un registro de coordenadas de referencia, de manera que se impide sustancialmente el movimiento lateral relativo entre el molde 12 y el armazón 24.

Los actuadores 34 se hacen funcionar para hacer descender la ventosa plana de vacío 30 hacia la superficie interna 38 del refuerzo de larguero 10 hasta que se presiona firmemente la junta de alta sustentación 36 contra dicha superficie 38. El generador de vacío 28 se activa entonces para retirar aire de la región dentro de la junta 36, entre la ventosa plana de vacío 30 y la superficie interna 38 del refuerzo de larguero 10. Esto crea un vacío eficaz entre la ventosa plana de vacío 30 y el refuerzo de larguero 10, que sirve para unir el refuerzo de larguero 10 a la ventosa plana de vacío 30, y por tanto al armazón 24 del conjunto de transferencia 22.

Haciendo referencia a la figura 3, una vez se ha unido la ventosa plana de vacío 30 al refuerzo de larguero 10, los actuadores 34 se hacen funcionar para elevar la ventosa plana de vacío 30 hacia el armazón 24. La fuerza hacia arriba proporcionada por los actuadores 34, que se representa mediante las flechas 44 en la figura 3, libera o “desmolda” el refuerzo de larguero 10 del molde hembra 12. La carga de desmoldeo 44 se aplica en una dirección sustancialmente perpendicular a la parte de la superficie de molde 14 opuesta a los actuadores 34. Se genera una reacción a la carga de desmoldeo 44 aplicada por los actuadores 34 hacia abajo a través del reborde 16 del molde 12 por medio del armazón 24, tal como se representa mediante la flecha 46 en la figura 3.

Haciendo referencia a la figura 4, con el refuerzo de larguero 10 unido al armazón 24 del conjunto de transferencia 22 y desmoldado de la herramienta de molde 12, el armazón 24 se une a una grúa (no mostrada). La grúa eleva el conjunto de transferencia 22 y refuerzo de larguero unido 10 del molde 12 en la dirección de la flecha 48 en la figura 4. La grúa porta el conjunto de transferencia 22 y refuerzo de larguero unido 10 a una plataforma de ensamblaje 50 (figura 5), en la que el refuerzo de larguero 10 se ensambla con un refuerzo de larguero y almas de resistencia a esfuerzo cortante correspondientes para formar la estructura de larguero.

Haciendo referencia a la figura 5, la plataforma de ensamblaje 50 comprende un elemento de sujeción de conjunto 52 para soportar el refuerzo de larguero 10, que está ubicado entre un par de paredes laterales 54. Las paredes laterales 54 incluyen cada una respectivas características de coordenadas de referencia hembra 56. En la figura 5 se muestran un par de características de coordenadas de referencia hembra 56 en forma de rebajes cilíndricos. La grúa coloca el conjunto de transferencia 22 encima de la plataforma de ensamblaje 50 de manera que las espigas de coordenadas de referencia macho 40 están alineadas sustancialmente encima de las características de coordenadas de referencia hembra 56 de la plataforma 50, tal como se representa mediante las líneas de trazos 58 en la figura 5.

El conjunto de transferencia 22 se hace descender entonces hacia la plataforma 50 hasta que las espigas de coordenadas de referencia macho 40 se reciben dentro de los rebajes hembra 56 de la plataforma 50, y el armazón 24 hace tope con las paredes laterales 54 de la plataforma 50. Un operario humano puede guiar el conjunto de transferencia 22 a medida que se hace descender hacia la plataforma 50. Una vez se ha colocado el refuerzo de larguero 10 en el elemento de sujeción de conjunto 52, el generador de vacío 28 se desactiva y la ventosa plana de vacío 30 se desacopla de la superficie interna 38 del refuerzo de larguero 10. El conjunto de transferencia 22 se eleva entonces de la plataforma de ensamblaje 50.

Por medio de las técnicas anteriores, se elimina el requisito de proporcionar características de coordenadas de referencia en el propio refuerzo de larguero 10. Esto se debe a que las características de coordenadas de referencia 40 se proporcionan en el armazón 24 del conjunto de transferencia 22 y el refuerzo de larguero 10 permanece acoplado de manera rígida al armazón 24 a lo largo de todas las operaciones de desmoldeo, elevación y transferencia. La alineación precisa del refuerzo de larguero 10 con el elemento de sujeción de conjunto 52 se garantiza mediante la provisión de características de coordenadas de referencia correspondientes 56 en la plataforma de ensamblaje 50.

Aunque las vistas de sección transversal de las figuras 1 a 5 muestran necesariamente un único conjunto de transferencia 22, en la práctica se usan una pluralidad de conjuntos de transferencia 22 o “módulos” debido a que un

- refuerzo de larguero es muy largo, normalmente de 50 a 80 metros de longitud. Los módulos se disponen a intervalos a lo largo de la longitud de la herramienta de molde 12. Una vez se han unido la o cada ventosa plana de vacío 30 de los respectivos módulos al refuerzo de larguero 10, los actuadores 34 de los respectivos módulos se hacen funcionar de manera secuencial para desmoldar el refuerzo de larguero 10, empezando por los actuadores 34 del módulo ubicado más próximo a un extremo del refuerzo de larguero 10. Esta acción desprende de manera eficaz el refuerzo de larguero 10 de la superficie de molde 14, que requiere considerablemente menos fuerza que lo que requeriría si los actuadores 34 se hicieran funcionar simultáneamente. Estandarizar las características de coordenadas de referencia a través de herramientas permite usar un armazón universal para todas las herramientas.
- El conjunto de transferencia 22 también es adecuado para su uso con herramientas de molde macho, tal como se explicará a continuación con referencia a la figura 6.
- La figura 6 muestra un refuerzo de larguero 60 similar al refuerzo de larguero descrito anteriormente en relación con las figuras 1 a 5, sin embargo el refuerzo de larguero 60 en la figura 6 se forma usando una herramienta de molde macho 62.
- La herramienta de molde macho 62 tiene una sección transversal con forma esencialmente de “sombbrero de copa”, y comprende una superficie de molde generalmente convexa 64 y una base inferior o reborde 66 que rodea y se extiende hacia fuera desde una periferia 68 de la superficie de molde convexa 64.
- Una pluralidad de características de coordenadas de referencia hembra 70 están previstas en el reborde 66. En la figura 6 se muestran un par de características de coordenadas de referencia hembra 70. Las características de coordenadas de referencia hembra 70 están ubicadas opuestas entre sí en lados respectivos de la superficie de molde 64. En este ejemplo, las características de coordenadas de referencia hembra 70 comprenden cada una un rebaje sustancialmente cilíndrico.
- En la figura 6 también se muestra un conjunto de transferencia 72. El conjunto de transferencia 72 es similar en muchos aspectos al conjunto de transferencia 22 descrito anteriormente con referencia a las figuras 1 a 5. Sin embargo, el conjunto de transferencia 72 de la figura 6 incluye además columnas 74, que están montadas en un lado inferior 76 del armazón 78. Las columnas 74 se montan por parejas, en lados respectivos del conjunto de vacío. En la vista de sección transversal de la figura 6 se muestran dos columnas 74.
- En los extremos 82 de las respectivas columnas 74 se montan características de coordenadas de referencia macho 80, en forma de espigas cónicas. Cuando el conjunto de transferencia 72 se sitúa sobre la herramienta de molde macho 62, las espigas 80 se reciben en los rebajes 70 definidos en el reborde 66 de la herramienta de molde macho 62 y los extremos 82 de las columnas 74 hacen tope con el reborde 66 de la herramienta de molde 62. Las espigas 80 y rebajes 70 coincidentes bloquean de manera eficaz el armazón 78 en posición en relación con la herramienta de molde 62 e impiden que el armazón 78 se mueva lateralmente con respecto a la herramienta de molde 62.
- La longitud de las respectivas columnas 74 se selecciona de modo que la superficie de molde convexa 64 de la herramienta de molde macho 62 se aloja en una región 84 definida entre el reborde 66 y el armazón 78 cuando el conjunto de transferencia 72 se sitúa sobre la herramienta de molde 62. Una vez se ha colocado el conjunto de transferencia 72 en acoplamiento coincidente con la herramienta de molde 62, el refuerzo de larguero 60 se desmolda y transfiere a una plataforma de ensamblaje sustancialmente del mismo modo tal como ya se describió anteriormente para el refuerzo de larguero con referencia a las figuras 1 a 5.
- La geometría de componentes de turbina eólica largos generalmente varía sustancialmente a lo largo de la longitud del componente. Por ejemplo, y tal como se mencionó por medio de antecedentes anteriormente, es común que componentes tales como refuerzos de larguero y revestimientos de palas estén diseñados con una torsión a lo largo de su longitud. Los componentes con torsión pueden formarse en moldes con torsión, y el conjunto de transferencia puede estar configurado para su uso con tales moldes tal como se describirá a continuación con referencia a la figura 7.
- La figura 7 es una sección transversal tomada a través de un conjunto de transferencia 85 con registro de coordenadas de referencia con una herramienta de molde hembra con torsión 86. La herramienta de molde hembra 86 puede ser la misma herramienta de molde que se muestra en la figura 1, pero tomando las respectivas secciones transversales de las figuras 1 y 7 en diferentes ubicaciones a lo largo de la longitud de la herramienta de molde.
- La parte de la herramienta de molde 86 mostrada en la figura 7 tiene una superficie de molde 88 que está generalmente inclinada en relación con, por ejemplo, el plano de un suelo de fábrica sobre el que está soportada la herramienta de molde 86. Por consiguiente, una primera parte 90 de un reborde 91 en un lado de la superficie de molde 88 está ubicada más alta, con respecto al suelo de fábrica, que una segunda parte 92 del reborde 91 en el otro lado de la superficie de molde 88.
- Tal como se muestra, la primera parte 90 del reborde 91 incluye una primera característica de coordenadas de referencia hembra 93, y la segunda parte 92 del reborde incluye una segunda característica de coordenadas de referencia hembra 94. Las características de coordenadas de referencia 93, 94 comprenden cada una un rebaje sustancialmente cilíndrico. Por consiguiente, las características de coordenadas de referencia hembra 93, 94

opuestas están ubicadas a diferentes alturas respectivas en esta sección de la herramienta de molde 86. Aunque no resulta evidente a partir de la vista de sección transversal de la figura 7, una serie de características de coordenadas de referencia hembra está prevista en el reborde 91 en cada lado de la superficie de molde 88, proporcionándose las características de coordenadas de referencia a intervalos a lo largo de la longitud de la herramienta de molde 86.

5 La vista de sección transversal de la figura 7 también muestra un par de características de coordenadas de referencia macho 96, 97, que comprende cada una, una espiga sustancialmente cónica, prevista en el lado inferior 98 del armazón 100. La espiga 96 para coincidir con el rebaje 93 en la parte relativamente alta 90 del reborde 91 se monta directamente en el lado inferior 98 del armazón 100, mientras que la espiga 97 para acoplarse con el rebaje 94 en la parte relativamente baja 92 del reborde 91 está prevista en el extremo de una columna 102 montada en el
 10 lado inferior 98 del armazón 100. Cuando el armazón 100 se sitúa sobre la herramienta de molde 86, las espigas 96, 97 se reciben en los respectivos rebajes 93, 94 y el lado inferior 98 del armazón 100 hace tope con la parte relativamente alta 90 del reborde 91, mientras que el extremo 104 de la columna 102 hace tope con la parte relativamente baja 92 del reborde 91. La longitud de la columna 102 se selecciona de modo que el armazón 100 se asienta de manera sustancialmente horizontal sobre la herramienta de molde 86 (es decir paralelo al suelo de
 15 fábrica) cuando las características de coordenadas de referencia macho y hembra coinciden.

Para garantizar que la ventosa plana de vacío 106 se asienta a nivel contra la superficie interna 108 del refuerzo de larguero 110, la ventosa plana de vacío 106 está inclinada en relación con el armazón 100 y en relación con el suelo de fábrica el mismo ángulo que la superficie de molde 88. La inclinación de la ventosa plana de vacío 106 la facilitan
 20 los actuadores 112, 113 que acoplan la ventosa plana de vacío 106 al armazón 100, que también están inclinados en relación con el armazón 100. En esta configuración, los actuadores 112, 113 se extienden necesariamente diferentes cantidades para mantener la ventosa plana de vacío 106 a nivel contra la superficie interna 108 del refuerzo de larguero 110, siendo el actuador 112 más próximo a la parte relativamente alta 90 del reborde 91 más corto que el actuador 113 más próximo a la parte relativamente baja 92 del reborde 91. Los actuadores 112, 113 se inclinan de manera que un eje longitudinal de los actuadores 112, 113 es sustancialmente perpendicular al plano de
 25 la superficie de molde 88 en la región de la superficie de molde 88 opuesta a los actuadores 112, 113. Esto garantiza que la carga de desmoldeo, tal como se representa mediante las flechas 114, se aplica al refuerzo de larguero 110 en una dirección sustancialmente normal (es decir perpendicular) al plano de esa pieza de la superficie de molde 88.

Aunque los ejemplos anteriores se refieren a componentes de turbina eólica, se apreciará que la presente invención es igualmente adecuada para su uso en la fabricación de otras piezas, por ejemplo componentes para aviones o
 30 de hecho cualquier otra pieza que ha de transportarse entre estaciones de fabricación en la que es importante mantener una alineación precisa de la pieza.

REIVINDICACIONES

1. Método para transferir una pieza de trabajo (10) tal como un componente de turbina eólica grande con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas durante un proceso de fabricación, comprendiendo el método:
- 5 5 disponer una estructura de soporte (24) con registro de coordenadas de referencia con una primera herramienta (12), soportando la primera herramienta una pieza de trabajo (10);
 unir la pieza de trabajo (10) a la estructura de soporte (24);
 liberar la pieza de trabajo (10) de la primera herramienta (12);
- 10 10 disponer la estructura de soporte (24) con registro de coordenadas de referencia con una segunda herramienta (50) y de manera que la pieza de trabajo (10) está soportada por la segunda herramienta; y
 liberar la pieza de trabajo (10) de la estructura de soporte (24);
 en el que disponer la estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con las herramientas primera y segunda garantiza una correcta alineación de la pieza de trabajo con respecto a la segunda herramienta.
- 15 2. Método según la reivindicación 1 que comprende además formar un enclavamiento entre la estructura de soporte (24) y las respectivas herramientas (12, 50), sirviendo el enclavamiento para restringir el movimiento lateral relativo entre la estructura de soporte y las herramientas cuando la estructura de soporte se dispone con registro de coordenadas de referencia con las herramientas.
- 20 3. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende unir la pieza de trabajo (10) a la estructura de soporte (24) por medio de vacío.
4. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que liberar la pieza de trabajo (10) de la primera herramienta (12) comprende desmoldar la pieza de trabajo de una superficie de molde de la primera herramienta y desmoldar la pieza de trabajo comprende desprender la pieza de trabajo de la superficie de molde de la primera herramienta.
- 25 5. Método según la reivindicación 4 en el que desprender la pieza de trabajo (10) de la superficie de molde comprende aplicar una fuerza de liberación de manera secuencial a una serie de piezas sucesivamente adyacentes de la pieza de trabajo.
- 30 6. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además proporcionar una pluralidad de módulos comprendiendo cada uno una estructura de soporte (24), disponer la serie de módulos a través de la primera herramienta (12) disponiendo cada estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con la primera herramienta; unir una parte respectiva de la pieza de trabajo (10) a cada módulo; liberar la pieza de trabajo de la primera herramienta; disponer la serie de módulos a través de la segunda herramienta disponiendo cada estructura de soporte con registro de coordenadas de referencia con la segunda herramienta; y liberar la pieza de trabajo de la serie de módulos de manera que la pieza de trabajo está soportada por y alineada con la segunda herramienta.
- 35 7. Método según la reivindicación 6 cuando depende de la reivindicación 5, que comprende aplicar la fuerza de liberación de manera secuencial a la serie de piezas sucesivamente adyacentes por medio de los respectivos módulos.
- 40 8. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además transportar la estructura de soporte (24) y pieza de trabajo unida a la segunda herramienta (50).
9. Aparato para transferir una pieza de trabajo (10) tal como un componente de turbina eólica grande con alineación de coordenadas de referencia entre herramientas, comprendiendo el aparato:
 una primera herramienta (12) para soportar la pieza de trabajo (10);
 una estructura de soporte (24) para portar la pieza de trabajo entre la primera herramienta (12) y una
 45 segunda herramienta (50); y
 un dispositivo de unión (30) para unir la pieza de trabajo (10) a la estructura de soporte (24), en el que la estructura de soporte (24) comprende características de coordenadas de referencia para su alineación con características de coordenadas de referencia correspondientes (20, 40, 56) de las herramientas primera y segunda.
- 50 10. Aparato según la reivindicación 9, en el que las características de coordenadas de referencia (40) de la

estructura de soporte (24) están configuradas para coincidir con características de coordenadas de referencia (20, 56) complementarias de las herramientas.

- 5
11. Aparato según las reivindicaciones 9 o 10, en el que el aparato está configurado para impedir el movimiento relativo entre la pieza de trabajo (10) y la estructura de soporte (24) cuando la pieza de trabajo está unida a la estructura de soporte.
12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el dispositivo de unión (30) comprende una unión por vacío para su unión a una superficie de la pieza de trabajo (10).
- 10
13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además una pluralidad de dispositivos de unión (30), estando cada uno dispuesto para unirse a una parte de superficie local respectiva de la pieza de trabajo (10).
14. Aparato según la reivindicación 13, en el que la pluralidad de dispositivos de unión (30) pueden hacerse funcionar independientemente unos de otros.
15. Aparato según la reivindicación 14, en el que la pluralidad de dispositivos de unión (30) pueden hacerse funcionar de manera secuencial.
- 15
16. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, que comprende una pluralidad de módulos que tienen cada uno una estructura de soporte (24) y dispositivo de unión (30) respectivos asociados con los mismos, en el que la pluralidad de módulos están dispuestos en su utilización a intervalos a lo largo de la longitud de la herramienta, uniéndose cada uno de los dispositivos de unión de los respectivos módulos a una superficie local de la pieza de trabajo (10).

20

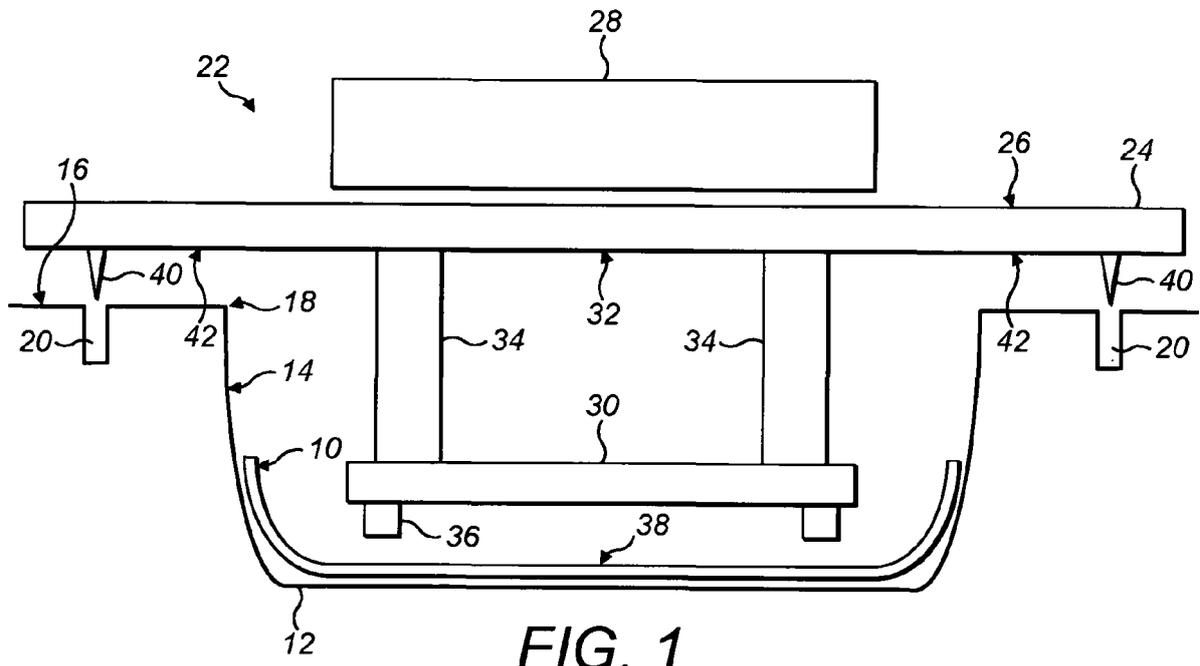
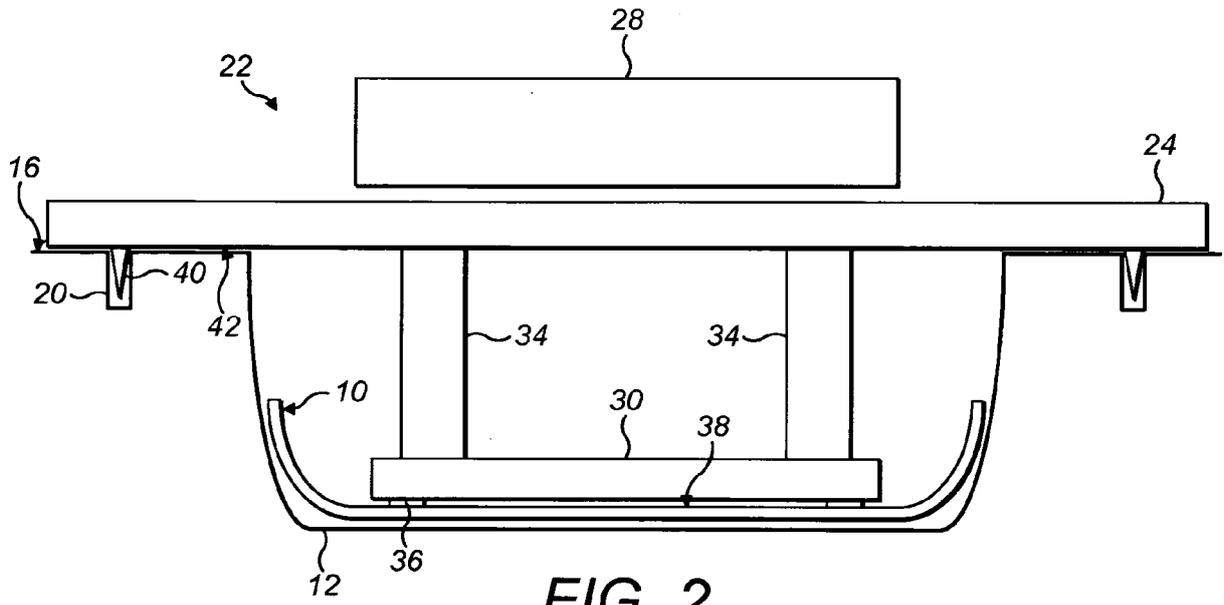
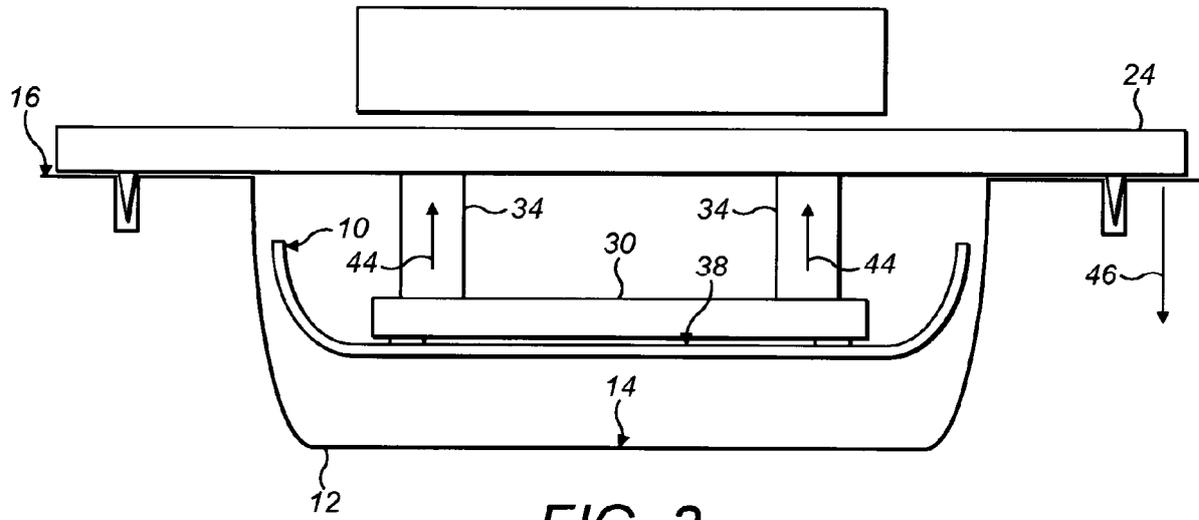


FIG. 1





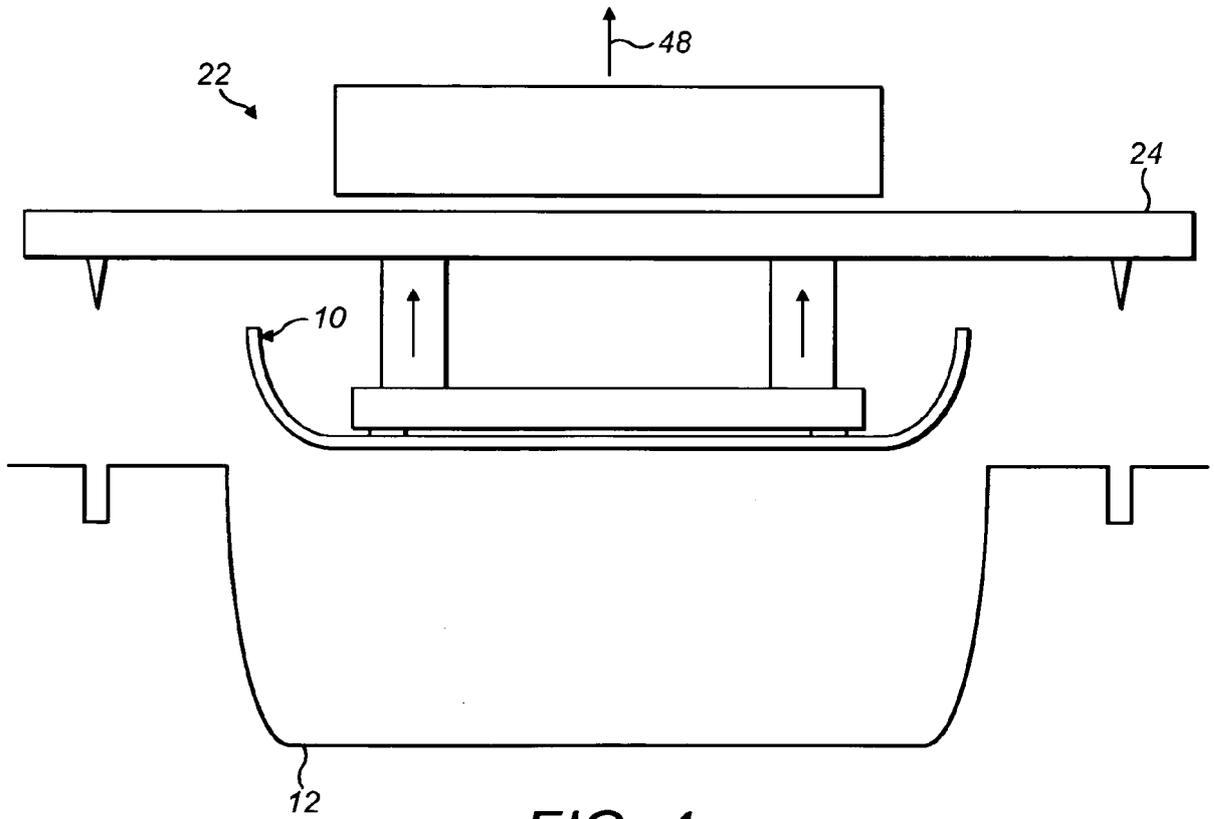


FIG. 4

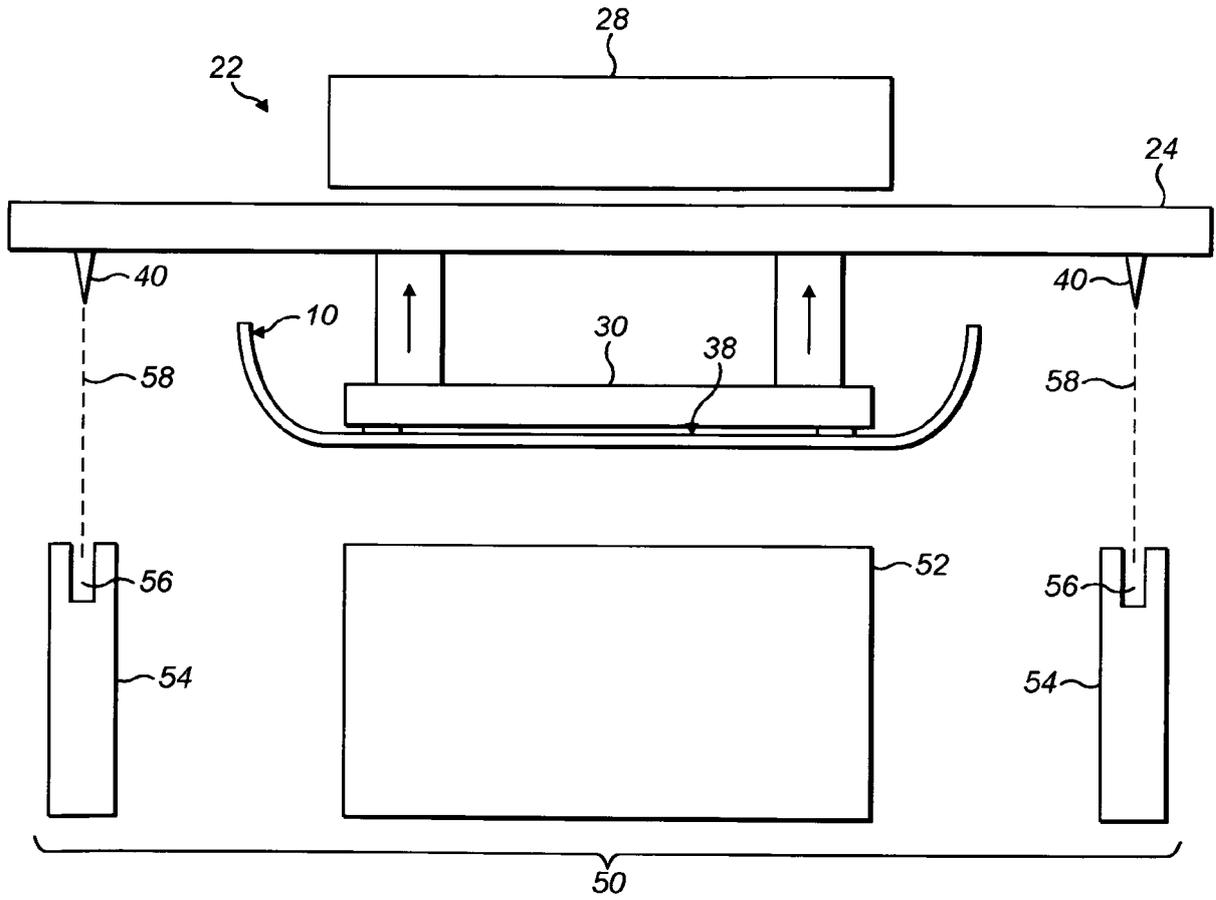


FIG. 5

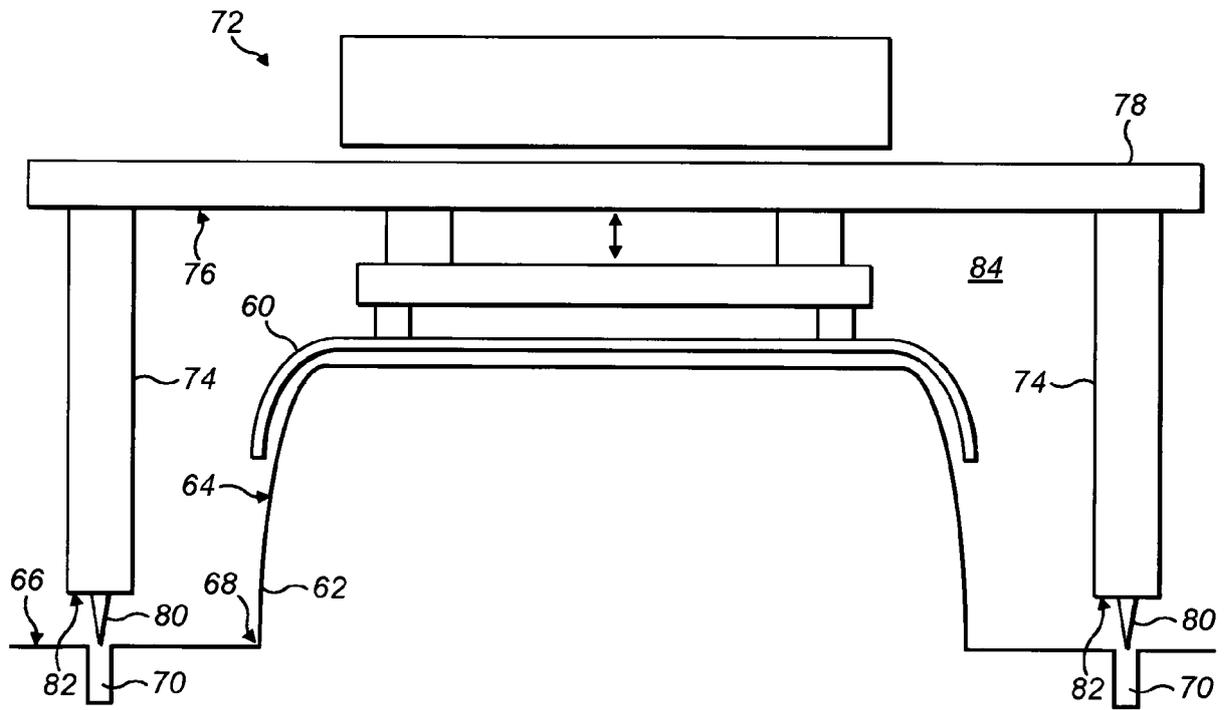


FIG. 6

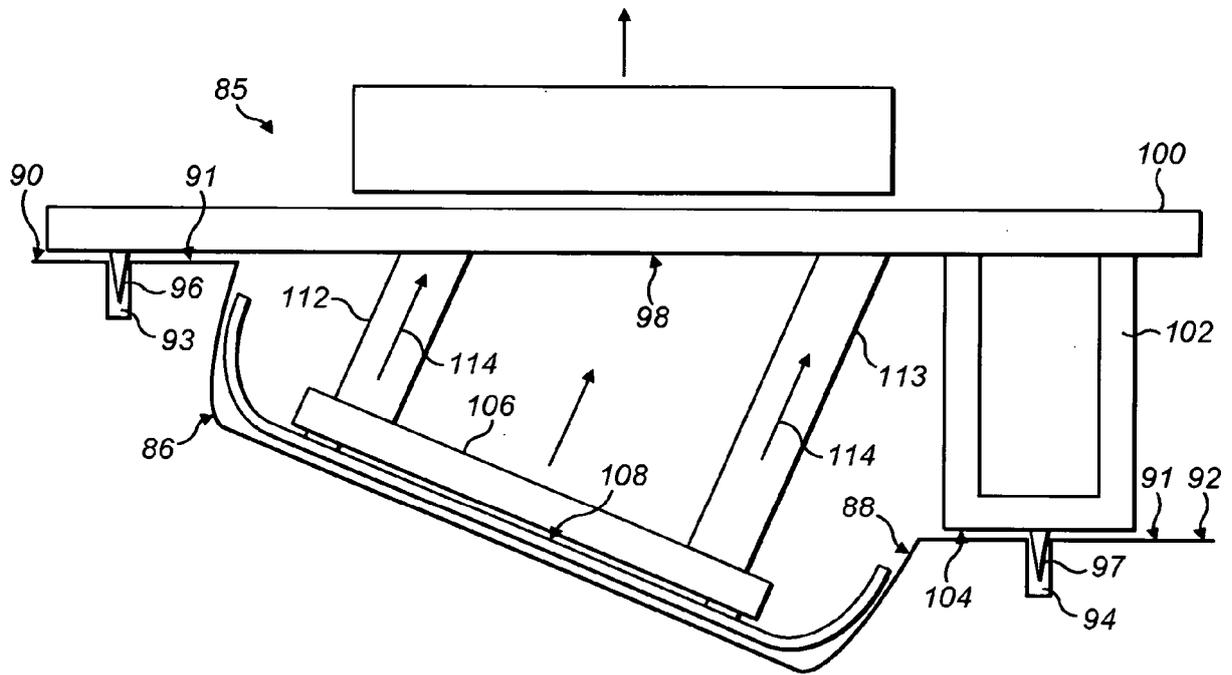


FIG. 7