

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 238**

51 Int. Cl.:

B21D 53/78 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B21D 22/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2012** **E 12734882 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015** **EP 2576096**

54 Título: **Procedimiento de conformado para conformar en caliente una chapa de acero de una pala de rotor, que se va a fabricar, de una planta de energía eólica**

30 Prioridad:

05.08.2011 DE 102011080497

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

17.12.2015

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

VOIGT, BURKHARD;
LABS, OLIVER y
KERSTEN, ROY

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 554 238 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

Procedimiento de conformado para conformar en caliente una chapa de acero de una pala de rotor, que se va a fabricar, de una planta de energía eólica

5 La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para conformar en caliente una chapa de acero de una pala de rotor de una planta de energía eólica.

10 Las plantas de energía eólica son conocidas actualmente en particular como plantas de energía eólica de eje horizontal. En este caso, un rotor aerodinámico con al menos una pala de rotor, usualmente tres palas de rotor, gira alrededor de un eje de giro casi horizontal. Las palas de rotor presentan una configuración aerodinámica y se mueven por el viento, de modo que se produce dicho movimiento giratorio que se puede transformar a continuación en energía eléctrica mediante un generador eléctrico.

15 Las plantas de energía eólica modernas presentan palas de rotor cada vez más grandes, en particular más largas. Entretanto se conocen palas de rotor con longitudes aproximadas de 60 m, una profundidad superior a 8 m y un grosor superior a 3 m. Una brida de conexión de tal pala de rotor para la fijación de un buje de rotor presenta asimismo en la actualidad un diámetro superior a 3,5 m. Para las palas de rotor con tales magnitudes puede ser conveniente fabricarlas también de acero al menos por secciones.

20 La fabricación con acero es conocida de muchos otros sectores de la técnica, por ejemplo, la construcción naval. Sin embargo, la aplicación en la fabricación de una pala de rotor de una planta de energía eólica resulta en principio imposible debido a los requerimientos especiales de la fabricación de una pala de rotor. En este sentido se ha de mencionar en particular, pero no de manera concluyente, que en la fabricación de una pala de rotor se debería implementar a pesar de todo una construcción ligera, si esto fuera realmente posible al utilizarse el acero. Se ha de considerar además que una pala de rotor de una planta de energía eólica está sometida a cargas variables permanentemente. En este caso no sólo varía una amplitud de carga, sino también una dirección de carga y en particular se puede producir un cambio constante entre la carga de tracción y la carga de presión durante el movimiento giratorio del rotor debido a la gravitación. Una pala de rotor es aquí un cuerpo hueco largo que ha de soportar también una carga de flexión continua y variable constantemente. Adicionalmente, la pala de rotor debe presentar y mantener lo más posible una forma aerodinámica para garantizar una estabilidad correspondiente. Todos estos requerimientos son tan especiales que requieren una atención especial propia. En particular se pueden aprovechar sólo de manera muy limitada las experiencias existentes hasta el momento en la construcción con acero.

35 Para las plantas de energía eólica es conocida de los años 1940 la turbina eólica Smith-Putnam que utilizaba una pala de rotor de acero. En la página de Wikipedia en inglés (http://en.wikipedia.org/wiki/Smith-Putnam_wind_turbine) aparecen informaciones sobre esta turbina eólica Smith-Putnam. Una pala de rotor, utilizada en este caso, también se puede encontrar en Internet, específicamente en la página <http://www.situstudio.com/blog/2010/09/01/smith-putnam/>.

40 La pala de rotor de la turbina eólica Smith-Putnam se construyó con un perfil de pala de rotor constante en todo el eje de la pala de rotor, como se puede encontrar en el blog de Internet mencionado arriba. Esto simplifica naturalmente la técnica de fabricación en comparación con las palas de rotor modernas actuales que presentan un perfil variable axialmente de manera continua. En este caso, el tamaño y también el tipo de perfil varían en dirección axial. Adicionalmente, una pala de rotor de una planta de energía eólica moderna actual está torcida además en dirección axial para tener en cuenta las direcciones de flujo diferentes que se originan a causa del giro del rotor a una distancia diferente del buje de rotor. A esto se añade que las palas de rotor especialmente grandes, en particular las palas de rotor con una profundidad muy grande en la zona cercana al buje, deberán estar formadas por varias partes para el transporte.

50 La complejidad de una pala de rotor moderna no es comparable entonces con la pala de rotor conocida de la turbina eólica Smith-Putnam. Por consiguiente, fabricar con acero una pala de rotor moderna o una sección de una pala de rotor de moderna requiere una pluralidad de consideraciones, enfoques y soluciones individuales.

55 Por el documento EP2233593A2 se conoce de manera muy general un procedimiento y una instalación de conformado en caliente para la fabricación de componentes moldeados, endurecidos por presión, a partir de chapa de acero. Por el documento US 5.113.681 se conoce también un procedimiento general y un dispositivo para conformar un elemento de chapa de titanio o de una aleación de titanio.

60 Como estado general de la técnica se ha de remitir además a los documentos DE1433768A, DE1180709A, DD159055A1, DE2402190A y WO2010/100066A2.

65 Por tanto, la presente invención tiene el objetivo de solucionar al menos uno de los problemas mencionados arriba. En particular se debe mejorar o posibilitar la fabricación con acero de una pala de rotor o de una parte de la misma. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

Según la invención se propone un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Según éste, una chapa de acero de una pala de rotor, que se va a fabricar, de una planta de energía eólica se conforma en caliente de tal modo que la chapa de acero a conformar se calienta primeramente en un horno. La chapa de acero descansa primero como placa plana sobre un carro de solera. Después del calentamiento, la chapa de acero caliente se desplaza con el carro de solera desde el horno hasta un dispositivo de prensado para el conformado en caliente. Por consiguiente, el carro de solera se mueve directamente con la chapa de acero desde el horno hasta el dispositivo de prensado, sin realizarse entretanto un traslado de la carga.

El traslado de la carga se realiza a continuación en el dispositivo de prensado, trasladándose la chapa de acero caliente del carro de solera a un carro portamoldes que presenta un contramolde. El contramolde se puede identificar también como lecho de moldeo. La chapa de acero caliente está situada ahora sobre el contramolde y se puede prensar. El prensado se realiza mediante un punzón de prensado que se presiona contra la chapa de acero de tal modo que la chapa de acero se conforma entre el punzón de prensado y el contramolde. En particular, la chapa de acero toma la forma del punzón de prensado y del contramolde que están ajustados entre sí.

El traslado de la chapa de acero se realiza preferentemente de modo que la chapa de acero se eleva del carro de solera en el dispositivo de prensado. El carro de solera está separado ahora de la chapa de acero y se puede extraer por debajo de la misma. Por consiguiente, se libera el espacio por debajo de la chapa de acero y el contramolde se mueve con el carro portamoldes hacia el dispositivo de prensado por debajo de la chapa de acero elevada. La chapa de acero se puede bajar ahora hasta situarse sobre el carro portamoldes y, por tanto, sobre el contramolde. Esto hace innecesario prever un dispositivo eventual de elevación como dispositivo externo, tal como una carretilla elevadora. Más bien, tal medio de elevación puede ser estacionario. Este dispositivo de elevación es una parte preferentemente del dispositivo de prensado y se encuentra unido fijamente al mismo. El traslado de la carga se realiza, por tanto, mediante la elevación de la chapa de acero y el cambio de ambos carros.

El carro de solera se mueve preferentemente sobre un sistema de carriles desde el horno hasta el dispositivo de prensado. Resulta favorable también que el carro portamoldes se mueva sobre un sistema de carriles o sobre el sistema de carriles hacia el dispositivo de prensado. Esto permite simplificar el proceso, en particular el transporte de la chapa de acero caliente del horno al dispositivo de prensado hasta situarse sobre el contramolde. El carro de solera y el carro portamoldes utilizan preferentemente el mismo sistema de carriles, en particular el mismo par de carriles. De esta manera se puede conseguir un dispositivo eficiente que prevé además el cambio eficiente y adecuado de la chapa de acero desde el carro de solera hasta el carro portamoldes.

Según la invención se propone un dispositivo de conformado para conformar en caliente una chapa de acero de acuerdo con la reivindicación 3. Este dispositivo de conformado comprende un horno para calentar la chapa de acero, un dispositivo de prensado para conformar la chapa de acero y un carro de solera para transportar la chapa de acero desde el horno hasta el dispositivo de prensado. Este dispositivo de conformado está preparado en particular para ejecutar un procedimiento, descrito arriba, de conformar en caliente una chapa de acero.

El horno presenta preferentemente un fondo de horno con un orificio de fondo y el carro de solera está caracterizado por un mecanismo de traslación para desplazarse del horno al dispositivo de prensado, una mesa portante para soportar la chapa de acero durante el calentamiento en el horno y durante el transporte del horno al dispositivo de prensado y una estructura portante para unir la mesa portante al mecanismo de traslación. La estructura portante está configurada de modo que se extiende desde el mecanismo de traslación a través del orificio de fondo del horno hasta la mesa portante en el horno, si la mesa portante soporta la chapa de acero en el horno. Con otras palabras, el carro de solera con su mecanismo de traslación se puede mover por debajo del fondo de horno y puede mantener, sin embargo, la mesa portante en el horno mediante la estructura portante.

El dispositivo de conformado está configurado preferentemente de modo que el carro de solera puede entrar y salir del orificio de fondo con la estructura portante al estar abierto el horno. En particular, el orificio de fondo está configurado como orificio aproximadamente en forma de ranura en el fondo de horno y la estructura portante presenta una configuración correspondientemente delgada, por lo que puede entrar en este orificio en forma de ranura, si el mecanismo de traslación se mueve por debajo del horno. Después de calentarse la chapa de acero, ésta se puede transportar entonces con facilidad desde el horno hasta el dispositivo de prensado. A tal efecto, sólo es necesario abrir el horno y el carro de solera se puede mover hacia el dispositivo de prensado.

El dispositivo de conformado presenta preferentemente un carro portamoldes desplazable para alojar la chapa de acero en el dispositivo de prensado, que proporciona un contramolde o lecho de moldeo durante el conformado.

Preferentemente está previsto un sistema de carriles para desplazar el carro de solera desde el horno hasta el dispositivo de prensado, así como para desplazar el carro portamoldes hacia adentro del dispositivo de prensado y también hacia afuera del dispositivo de prensado. En particular está previsto un par de carriles por un lado del dispositivo de prensado a través del dispositivo de prensado y hacia el horno. Preferentemente, la distancia entre el horno y el dispositivo de prensado se mantiene pequeña. La distancia se puede mantener tan grande que en el carro de solera vacío es posible colocar una nueva chapa de acero fría después de trasladarse la chapa de acero caliente al carro portamoldes.

El dispositivo de elevación, que eleva la chapa de acero caliente para su traslado, es una parte preferentemente del dispositivo de prensado o está situado en el dispositivo de prensado y es accionado preferentemente por el mismo. El dispositivo de elevación está configurado en particular de modo que garantiza una elevación uniforme de la chapa de acero desde el carro de solera, así como una colocación uniforme de la chapa de acero caliente sobre el carro portamoldes.

El dispositivo de elevación presenta preferentemente varios brazos de elevación provistos en cada caso de un mecanismo de movimiento y configurados para la sujeción lateral por debajo de la chapa de acero. A este respecto se propone accionar los brazos de elevación, en particular prever un control correspondiente, de manera que estos eleven uniformemente la chapa de acero caliente a pesar de los mecanismos de movimiento propios. El peso se distribuye así uniformemente sobre los brazos de elevación y se evita además el peligro de que la chapa de acero caliente se pueda doblar.

El dispositivo de prensado está previsto en particular para presionar o prensar en principio desde arriba la chapa de acero caliente con un molde mientras la chapa de acero caliente descansa sobre un contramolde o lecho de moldeo correspondiente. Con este fin se propone preferentemente que estén previstas varias prensas individuales, en particular se proponen ocho prensas individuales. Sobre estas prensas individuales se puede distribuir la fuerza necesaria que se debe aplicar. Un control respectivo proporciona de manera uniforme la fuerza necesaria, aplicada por tales prensas individuales, en particular ocho prensas individuales, por lo que el molde utilizado para prensar se puede presionar hacia abajo uniformemente con toda la fuerza de las prensas individuales. Las prensas individuales forman así conjuntamente un punzón de moldeo para conformar la chapa de acero. Las prensas individuales disponen preferentemente de unidades de accionamiento propias que se pueden controlar, por ejemplo, hidráulicamente o de otro modo, por ejemplo, con la ayuda de un mecanismo de palanca articulada.

En el procedimiento de conformado descrito para conformar en caliente una chapa de acero se pueden utilizar partes de acero que están fabricadas en principio de acero estructural convencional y se calientan en el horno a su respectiva temperatura de conformado para conseguir una normalización del material, por ejemplo, acero o aluminio. La temperatura de conformado en una variedad de acero es, por ejemplo, de 900 a 930°C. La temperatura se deberá cumplir con la mayor precisión posible para no destruir la estructura del acero. La parte de acero, específicamente la chapa de acero, puede ser una chapa de acero con un tamaño de hasta 3 x 12 m, que después del calentamiento se desplaza con el carro de solera desde el horno hasta la estación de conformado, a saber, el dispositivo de prensado. En esta estación de conformado o este dispositivo de prensado se traslada la carga hacia el carro portamoldes con el contramolde que se puede identificar también como lecho de moldeo. La chapa de acero caliente se eleva aquí mediante varios brazos de elevación y el carro de solera se sustituye por el lecho de moldeo. A tal efecto, el carro de solera y el carro portamoldes, que aloja el lecho de moldeo, están montados preferentemente sobre los mismos carriles.

Los brazos de elevación están configurados de modo que la parte de acero se eleva en una dirección lo más vertical posible, estando situada la parte de acero, específicamente la chapa de acero, casi en horizontal.

El carro de solera se mueve directamente hacia el horno y del horno a la estación de conformado. Del estado de la técnica era conocido hasta el momento mover una parte de acero desde el horno con un carro, que formaba en principio todo el lado inferior del horno, y trasladarla desde aquí con una carretilla elevadora. Sin embargo, según una solución preferida se propone aquí utilizar en el fondo del horno sólo una escotadura estrecha que es más estrecha que la anchura de la chapa de acero a calentar.

Un dispositivo de prensado preferido o prensa puede estar diseñado para una fuerza de prensado de 640 toneladas y se puede formar mediante varias prensas, en particular ocho prensas individuales que funcionan de manera uniforme para aplicar la presión total necesaria. La fuerza de prensado mencionada es un ejemplo posible y puede ser también, por ejemplo, mayor o menor, en dependencia del tipo de material y del tamaño de la chapa.

A modo de ejemplo se propone además un procedimiento de soldadura. Tal procedimiento de soldadura se propone para unir las chapas de acero moldeadas, en particular conformadas de la manera descrita arriba, con el fin de crear una pala de rotor o un segmento de pala de rotor. A tal efecto, las chapas de acero a unir se disponen y se fijan una contra otra en una disposición de preparación. Esta disposición de preparación representa en principio el segmento de pala de rotor que se va a fabricar, estando prevista la fijación sólo de modo que se pueda realizar la soldadura para la unión definitiva y firme, sin que las chapas de acero se separen durante este proceso. Esta disposición de preparación constituye, por tanto, esencialmente un paquete fijo. En esta disposición de preparación, las chapas de acero se unen a continuación entre sí por soldadura en cantos de contacto respectivos que forman una junta de soldadura. La soldadura se realiza aquí como soldadura de arco sumergido mediante un robot de soldadura.

La soldadura de arco sumergido es conocida en principio como procedimiento de soldadura completamente automático para costuras de soldaduras rectas y horizontales largas, por ejemplo, una costura longitudinal de tubo. Según la invención se propone entonces utilizar el procedimiento de soldadura de arco sumergido mediante un robot de soldadura para las formas complejas y, por tanto, para costuras de soldadura complejas de un segmento de pala de rotor. En este sentido se ha de tener en cuenta que tal segmento de pala de rotor puede estar fabricado, por

ejemplo, a partir de 24 chapas de acero conformadas. En este caso se pueden fabricar primero, por ejemplo, dos segmentos parciales a partir de 12 chapas de acero conformadas respectivamente. Todas las chapas de acero, al menos la mayoría de las chapas de acero utilizadas aquí, son diferentes y, por consiguiente, se obtiene también una pluralidad de costuras de soldadura diferentes. Con este fin no se ha propuesto hasta el momento en el estado de la técnica un procedimiento de soldadura de arco sumergido.

Un problema de la soldadura de arco sumergido radica en que el polvo cubre también la respectiva posición de soldadura para crear así una condición de soldadura blindada correspondientemente. En principio, el polvo se mantiene en su posición por la fuerza de gravedad. Según una forma de realización preferida se propone mover la disposición de preparación durante la soldadura mediante un dispositivo de movimiento, a saber de tal modo que la soldadura se lleva a cabo respectivamente sobre una zona de la junta de soldadura dirigida hacia arriba. La junta de soldadura es aquí, por ejemplo, una muesca o una ranura en forma de muesca que se origina como resultado de la yuxtaposición de dos cantos achaflanados de dos chapas de acero que se van a unir. Esta junta de soldadura debe estar situada arriba en lo posible para que el polvo quede situado encima durante la soldadura. Puede ocurrir también que la junta de soldadura se encuentre en el interior de la disposición de preparación, o sea, en principio en el interior del segmento de pala de rotor que se va a fabricar. El segmento de pala de rotor, que se va a fabricar, es en principio un cuerpo hueco que presenta aproximadamente una capa exterior que corresponde esencialmente a la superficie del segmento de pala de rotor en esta zona. Las chapas de acero, que se van a ensamblar, forman entonces esencialmente la capa exterior del segmento de pala de rotor que se va a fabricar. En el interior de esta pala de rotor o segmento de pala de rotor se pueden integrar travesaños de refuerzo que requieren también una soldadura.

Para realizar la soldadura, el robot de soldadura, que puede presentar, por ejemplo, un brazo de robot con seis articulaciones, se guía a lo largo de la junta de soldadura a soldar respectivamente. A este respecto, la disposición de preparación se mueve, en particular se gira alrededor de un eje casi horizontal, de tal modo que aunque el robot de soldadura se guía a lo largo de la junta de soldadura, encuentra respectivamente una sección casi horizontal para soldar. Se ejecuta así preferentemente de manera doble un guiado, específicamente un movimiento, en particular un giro de la disposición de preparación y, por tanto, de las chapas de acero de tal modo que la junta de soldadura queda situada casi en horizontal, realizando el robot de soldadura el guiado restante a lo largo de la junta de soldadura.

La disposición de preparación gira, por ejemplo, durante la soldadura, lo que se lleva a cabo en particular a una velocidad variable. El segmento de pala de rotor presenta en la sección transversal, con respecto a un eje longitudinal de pala de rotor, un perfil hueco más bien alargado. El giro a velocidad variable permite tener en cuenta esta situación. En particular, la pala de rotor gira lentamente o no gira a veces, si una sección de perfil correspondientemente larga se encuentra abajo o arriba, con el fin de que el robot de soldadura tenga tiempo suficiente para soldar a lo largo de una respectiva junta de soldadura horizontal. Por consiguiente, el movimiento giratorio se ejecuta con mayor rapidez, si sólo una sección corta, por ejemplo, un canto delantero de la pala de rotor, está situada durante el giro precisamente abajo o arriba y se suelda.

En particular, al conocerse la sección de perfil, que se va a soldar respectivamente, se puede aplicar la velocidad de giro en dependencia de una posición angular correspondiente de este giro.

En otro ejemplo, los cantos de contacto de dos chapas de acero conformadas respectivamente se pueden proveer de un chaflán de modo que estas chapas juntas presentan una forma de muesca o cuña. Esta forma de cuña o muesca favorece el proceso de soldadura al poderse realizar en esta ranura en forma de muesca al menos una costura de soldadura mediante el procedimiento de soldadura de arco sumergido. Se ha de tener en cuenta que es esencial una soldadura limpia y se ha de señalar que normalmente se debe realizar una pluralidad de costuras de soldadura en una junta de soldadura.

A modo de ejemplo se propone además un dispositivo de soldadura con el fin de unir las chapas de acero conformadas para crear una pala de rotor o segmentos de pala de rotor. Este dispositivo de soldadura presenta al menos un robot de soldadura para unir las chapas de acero, contiguas en la disposición de preparación, mediante un procedimiento de soldadura de arco sumergido. Está previsto también un dispositivo de movimiento que mueve la disposición de preparación, de modo que la soldadura se puede llevar a cabo respectivamente en una zona de la junta de soldadura dirigida hacia arriba. Este dispositivo de soldadura está preparado en particular para ejecutar el procedimiento de soldadura descrito arriba según al menos una de las formas de realización mencionadas.

Está previsto, por ejemplo, un medio de control manual, mediante el que un soldador puede cambiar in situ al modo manual y guiar o apoyar el robot con el medio de control manual durante la soldadura. En principio resulta problemática una soldadura de arco sumergido manual, porque el soldador no puede ver la costura de soldadura ni, por tanto, el resultado de la soldadura o el proceso de soldadura debido al polvo. No obstante, tal actuación manual puede ser conveniente en particular si el robot de soldadura se desvía de la costura o amenaza con desviarse de la misma. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el robot de soldadura se orienta total o parcialmente a un desarrollo preprogramado de la costura, pero la costura se desvía del desarrollo preprogramado de la costura. En este caso se puede realizar entonces un reajuste manual al volver a llevarse, por ejemplo, el robot de soldadura hacia la costura

de soldadura o su centro.

En un ejemplo de realización se suelda aquí un segmento de pala de rotor a fabricar que está integrado por 24 partes moldeadas de acero, o sea, chapas de acero ya conformadas. A tal efecto, las partes moldeadas de acero, o sea, las chapas de acero, se colocan en posición y se sueldan. Para realizar la soldadura se ha previsto un chaflán al cortarse a mediada las chapas de acero, de modo que los chaflanes de dos partes de acero moldeadas, ya unidas, forman una muesca o junta similar. Esta muesca se suelda mediante el llamado procedimiento de soldadura de arco sumergido con varias capas y mediante un robot de soldadura. Normalmente, los robots no sueldan en un procedimiento de soldadura de arco sumergido o lo hacen sólo en una capa, porque después de soldarse cada capa se debe retirar el polvo, lo que requiere un trabajo manual.

En particular, el robot de soldadura está previsto parcialmente para un modo manual, ya que éste puede realizar una soldadura automática, pero un soldador puede observar el trabajo del robot de soldadura y actuar, dado el caso. A este respecto puede estar prevista una palanca de control correspondiente, conocida en el lenguaje coloquial también como joystick. Un buen soldador puede percibir la calidad de la costura de soldadura y, por tanto, la actuación puede ser conveniente, aunque la actuación manual se va limitar mayormente a que el soldador realice un trabajo de corrección si la parte, que se va a soldar en realidad, se desvía de la parte que sirve de base, en particular se desvía ligeramente.

El procedimiento de soldadura de arco sumergido presupone que la costura a soldar en cada caso se encuentre abajo para que el polvo no se deslice. Con este fin, una forma de realización propone girar la pala de rotor de tal modo que el punto, que se va a soldar ahora, quede situado abajo respectivamente. Si se suelda una costura circunferencial, el segmento de pala de rotor ha de girar continuamente. En este sentido se ha de tener en cuenta que el segmento de pala de rotor no es circular y que la velocidad de giro se adapta preferentemente a esto. El dispositivo de movimiento, en particular el dispositivo de giro para girar el segmento de pala de rotor, presenta preferentemente tres ejes de giro. El robot de soldadura presenta preferentemente seis articulaciones para tener grados de libertad correspondientes.

A modo de ejemplo se propone además un procedimiento de corte para cortar chapas de acero conformadas de una pala de rotor, que se va a fabricar, de una planta de energía eólica mediante un robot de plasma. Por un robot de plasma se ha de entender aquí un robot de láser que corta la chapa de acero mediante rayo láser.

Se propone que el procedimiento de corte se desarrolle en primer lugar de modo que la pieza de mecanizado se coloque, específicamente se sujete de manera fija, sobre una mesa de molde. La mesa de molde está unida fijamente con el robot de plasma, de modo que existe un enlace fijo y conocido con los ejes de robot. Un cabezal de mecanizado del robot de plasma se guía después a lo largo de una línea de corte prevista, que discurre de manera tridimensional, en la parte de mecanizado para medir la parte de mecanizado en esta zona y detectar cualquier desviación entre la parte de mecanizado y la parte original, tomada como base, y definir la línea de corte para la parte de mecanizado concreta, que se identifica a continuación también como línea de corte guía. En este caso se detecta en particular la distancia entre el cabezal de mecanizado y la parte de mecanizado, y el cabezal de mecanizado se guía a una distancia lo más constante posible de la parte de mecanizado a lo largo de su superficie. Para medir la distancia fluye una corriente de plasma pequeña que provoca en la línea de corte, prevista y adaptada a la pieza de mecanizado, una línea de marcación que se puede identificar también como costura de marcación. El robot de plasma detecta la línea de corte modificada, específicamente adaptada a la pieza de mecanizado, que se registra como línea de corte guía y que corresponde a la costura de soldadura. Para simplificar se pueden explicar características del proceso de medición también en relación con la realización de la costura de marcación, aunque no es fundamental la realización de la costura de marcación ni el resultado de la costura de marcación realizada.

Cuando la pieza de mecanizado se posiciona y/o se sujeta sobre la mesa de molde, se define un plano de base que deberá representar aproximadamente un plano promedio para la pieza de mecanizado concreta. Este plano de base seleccionado puede ser diferente para piezas de trabajo diferentes. Éste se utiliza preferentemente para piezas de trabajo con una construcción igual y, por tanto, se selecciona de manera idéntica. Durante la medición y preferentemente también durante el corte son importantes dos direcciones de movimiento que se identifican a continuación como dirección de troquelado y dirección de perforación o simplemente como troquelado y perforación. Los movimientos, que se realizan en perpendicular a este plano de base, se denominan troquelado. Los movimientos, que se realizan en dirección de trabajo, o sea, en la dirección, en la que indica también un láser de plasma del robot de plasma, se denomina perforación. Estas direcciones, troquelado y perforación, pueden ser idénticas entonces, específicamente en la zona, en la que el láser está en perpendicular al plano de base. El láser se encuentra aproximadamente en perpendicular al plano de base en la zona, en la que la posición de mecanizado actual de la parte de mecanizado es planoparalela al plano de base.

Durante el guiado del cabezal de mecanizado a lo largo de la línea de corte prevista se han de esperar desviaciones en altura de la parte de mecanizado en particular con respecto a la parte original registrada, específicamente en la dirección de troquelado, o sea, en perpendicular al plano de base. Tal desviación puede ser detectada por el robot de plasma, no obstante, como desviación en dirección de perforación y troquelado, si ambas direcciones no coinciden. Por consiguiente, el cabezal de mecanizado del robot de plasma se puede guiar a una distancia casi

constante también en dirección de troquelado y/o perforación. Para el guiado del cabezal de mecanizado se determina preferentemente a partir de estas desviaciones un valor de corrección que presenta un componente en dirección de troquelado y un componente en dirección de perforación. De manera particularmente preferida, a partir de ambos componentes de desviación se forma un valor de corrección promedio que tiene en cuenta ambos componentes de desviación. Si "a1" es la desviación en dirección de troquelado y "a2" es la desviación en dirección de perforación, se puede calcular un valor de corrección "k1" en dirección de troquelado y un valor de corrección "k2" en dirección de perforación de la manera siguiente:

$$k1=0,5 \cdot a1; k2=0,5 \cdot a2$$

La corrección resultante se obtiene por adición vectorial de los dos componentes de corrección. En el cálculo anterior se incorporan a1 y a2 hasta 50% respectivamente. De manera alternativa se puede realizar una ponderación g1 y g2 para a1 o a2, obteniéndose a continuación las siguientes relaciones:

$$k1=g1 \cdot a1; k2=g2 \cdot a2$$

Para g1=g2=0,5 son idénticas las dos reglas de cálculo. En el caso ideal, la suma de g1 y g2 es igual a 1. Con el fin de tener en cuenta las no linealidades pequeñas puede ser conveniente que esta suma se desvíe en un pequeño porcentaje de 1, en particular que sea en 1 a 5% mayor que 1, si el cabezal de mecanizado mide la parte de mecanizado por el lado cóncavo, o que sea en 1 a 5% menor, si el cabezal de mecanizado mide la parte de mecanizado por un lado convexo. La medición se realiza preferentemente por el lado cóncavo.

Desde el punto de vista práctico se ha de partir entonces del hecho de que la chapa de acero conformada obtenida, que se va a cortar, a saber, la parte de mecanizado, no presenta exactamente la forma adoptada en el caso ideal, específicamente la forma de la parte original que se toma como base, y además varía también de una chapa de acero conformada a otra, en teoría idéntica. Por consiguiente, la costura de marcación, que indica la costura medida, no es idéntica en realidad a la línea de corte, porque la parte de chapa de acero conformada no presenta usualmente la forma idealizada.

Se propone entonces cortar la chapa de acero mediante un cabezal de mecanizado del robot de plasma al controlarse el cabezal de mecanizado de acuerdo con la línea de corte guía, definida durante la medición. La costura de marcación representa esta línea de corte guía definida. El guiado a lo largo de la costura de marcación se realiza preferentemente sobre la base de los valores, recogidos durante la medición de la pieza de mecanizado concreta, de tal modo que el robot no necesita la línea de marcación, dado el caso, visible. En este sentido se ha de destacar una vez más que para la fabricación del segmento de pala de rotor se tiene que unir una pluralidad de chapas de acero diferentes que después de conformarse se han de cortar previamente a medida. Estas chapas de acero conformadas requieren una línea de corte y, por tanto, al final un canto de corte que no es constante prácticamente en ninguna de las tres direcciones cartesianas. Por una línea de corte que discurre de manera tridimensional o una costura de marcación que discurre de manera tridimensional se ha de entender entonces una línea o una costura que no está situada en ningún plano. Por consiguiente, se dispone aquí de una forma esencialmente más compleja de la línea o de la costura que, por ejemplo, durante el corte de un tubo. Si tal tubo se corta en particular en transversal a la dirección longitudinal, se obtiene un canto de corte circular. Naturalmente, este tubo a modo de ejemplo es tridimensional y el canto de corte circular se extiende también en principio en el espacio, pero no hay un plano, en el que se encuentre este canto de corte circular, mencionado a modo de ejemplo, a saber, usualmente uno, con respecto al que el eje longitudinal del tubo forme la normal. Tal canto de corte circular se puede considerar por completo como un canto de corte bidimensional, si se dispone sólo el plano de manera correspondiente.

En el caso de las complejas chapas de acero conformadas, en las que se basa la invención, esto no ocurre, al menos en algunos cantos de corte. El presente procedimiento de corte se basa, por tanto, en un control tridimensional, específicamente un guiado del cabezal de mecanizado en tres direcciones cartesianas.

El procedimiento de corte propuesto ejecuta también, por ejemplo, el corte de un chaflán como preparación de una junta de soldadura en forma de muesca o cuña, como se describió arriba en relación con el procedimiento de soldadura. Esto permite preparar durante el corte la soldadura de arco sumergido prevista que se prepara aquí mediante varias capas, específicamente varias costuras de soldadura por junta.

Se propone además un robot de plasma para cortar a medida las chapas de acero conformadas de una pala de rotor, que se va a fabricar, de una planta de energía eólica. Este robot de plasma comprende un cabezal de mecanizado con un emisor de rayo láser para emitir un láser con el fin de cortar la chapa de acero. Asimismo, está previsto un mecanismo de movimiento, en particular un brazo de robot con varias articulaciones, para mover y guiar el cabezal de mecanizado. Está previsto también sensor para detectar una costura de marcación y/o para detectar la superficie de la chapa de acero. En particular, el robot de plasma está preparado para ejecutar un procedimiento de corte, descrito arriba, al menos según una de las formas de realización mencionadas.

Según una forma de realización se propone entonces al menos un robot de plasma, o sea, un robot de láser, para cortar a medida las chapas de acero moldeadas o conformadas. Tal procedimiento prevé medir primero las chapas

de acero conformadas a lo largo de una línea de corte deseada, específicamente la llamada línea de corte original, y definir en este proceso una línea de corte concreta, específicamente una llamada línea de corte guía, pudiéndose realizar una costura de marcación que corresponde a la línea de corte guía. En este caso se tienen en cuenta desviaciones respecto a la forma ideal de las chapas de acero. Durante la medición, la definición de la línea de corte guía y la realización de la costura de marcación, el robot se adapta al contorno concreto que recorre en principio en este proceso. El robot obtiene información mediante el chorro de plasma sobre la distancia respecto a la chapa de acero, o sea, respecto a la pared de la parte de acero, y puede seguir su posición actual respectivamente. La trayectoria de desplazamiento exacta, que corresponde a la línea de corte guía, se registra y se almacena en el control. El robot se orienta sobre la base de esta trayectoria para el corte siguiente. Como detalle particular habría que señalar una vez más que el objeto a cortar, específicamente la chapa de acero moldeada o conformada, es un objeto tridimensional en el sentido de que la superficie varía en tres direcciones cartesianas. A esto se suma el problema mencionado de que en caso de desviaciones de la superficie respecto a la forma ideal hay que decidir en qué dirección se debe guiar el láser, o sea, si se va a realizar una perforación, a saber, en dirección del chorro de láser, o si se va a realizar un troquelado, a saber, en transversal al plano de base. Aquí se propone prever una combinación o un compromiso de ambas direcciones.

Por lo demás, la parte de acero fría, o sea, la parte que se ha enfriado después de la conformación en caliente, se mantiene durante el corte sobre una base correspondiente mediante un dispositivo hidráulico. La chapa se presiona contra esta base, lo que debe evitar una deformación durante el corte.

Se propone también una pala de rotor de una planta de energía eólica que comprende una sección de acero que presenta varias chapas de acero. Tales chapas de acero se conformaron con un procedimiento de conformado según la invención, se unieron mediante un procedimiento de soldadura y/o se cortaron según un procedimiento de corte.

Se propone también una planta de energía eólica con una o varias de estas palas de rotor.

La invención se explica detalladamente a continuación a modo de ejemplo por medio de ejemplos de realización con referencia a las figuras adjuntas. Muestran:

Fig. 1 una planta de energía eólica en una vista en perspectiva;
Fig. 2 una estación de conformado en una vista en perspectiva;
Fig. 3 la estación de conformado de la figura 2 en una vista lateral;
Fig. 4 un dispositivo de prensado o un puesto de prensado en una vista frontal;
Fig. 5 un horno en una vista frontal junto con un carro de solera;
Fig. 6 esquemáticamente, un dispositivo de soldadura para soldar por arco sumergido un segmento de pala de rotor;
Fig. 7 un diagrama de flujo para cortar una chapa de acero mediante un robot de plasma;
Fig. 8 un trabajo de guiado de un cabezal de mecanizado de un robot de plasma; y
Fig. 9 una sección esquemática de la figura 8.

A continuación se pueden usar números de referencia idénticos para elementos similares, pero no idénticos con el fin de resaltar la similitud de la funcionalidad de tales elementos posibles.

La figura 1 muestra una planta de energía eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y una cabeza de rotor (spinner) 110. El rotor 106 se hace girar por el viento durante el funcionamiento y acciona así un generador en la góndola 104.

La figura 2 muestra una estación de conformado 200 en una representación general de una vista en perspectiva. Los elementos esenciales de esta estación de conformado 200 son el horno 202 configurado aquí como horno de recocido, el dispositivo de prensado 204 que se puede identificar también como puesto de prensado, un carro de solera 206 que transporta las chapas de acero desde el horno 202 hasta el puesto de prensado 204, un carro portamoldes 208, al que se traslada la chapa de acero del carro de solera 206 en el dispositivo de prensado 204, y un sistema de carriles 210 que une el horno 202 y el puesto de prensado 204. La vista en perspectiva de la figura 2 muestra un orificio 212 del horno 202, a través del que el carro de solera 206 puede introducir o sacar una chapa de acero a calentar del horno de acero 202. A tal efecto, el carro de solera 206 se mueve con una mesa portante 214 hacia el interior del horno 202 sobre el sistema de carriles 210 que en principio comprende sólo un par de carriles. La chapa de acero se apoya sobre la mesa portante y se transporta hacia el interior del horno 202. El dibujo ilustrativo de la figura 2 no muestra tal chapa de acero. El sistema de carriles 210 está situado aquí por debajo del horno 202 o por debajo del fondo de horno 216. Un orificio de fondo alargado 218 está configurado en la zona del horno 202 en el fondo de horno 216 por encima del sistema de carriles 210.

La vista lateral de la estación de conformado 200 explica su construcción y muestra entre otros el sistema de carriles continuo 210 que se extiende hasta la estructura del horno 202, pero no en el horno 202 como tal, sino que queda situado por debajo de este horno 202. En la zona del horno 202 se han dibujado de manera ilustrativa dos personas 220 para demostrar el tamaño de la disposición.

Sobre el sistema de carriles 210 está montado y guiado el carro de solera 206 que presenta un mecanismo de traslación 222 y una mesa portante 224. La mesa portante 224 está provista de una pluralidad de puntos de apoyo, sobre los que se encuentra la chapa de acero 226 que ya está caliente o se va a calentar. La mesa portante no presenta una placa de mesa, sino sólo esta pluralidad de puntos de apoyo. La mesa portante 224 está unida al mecanismo de traslación 222 mediante una estructura portante 228 para la unión correspondiente.

El sistema de carriles 210 se extiende hasta el dispositivo de prensado o el puesto de prensado 204 que presenta ocho prensas individuales 230 que están dispuestas en dos hileras a lo largo del sistema de carriles 210 y de las que se pueden observar cuatro prensas individuales 230 en la figura 3. Estas ocho prensas individuales 230 mueven conjuntamente un punzón de moldeo 232.

Además de las prensas individuales 230 están representados también brazos de elevación 234, de los que están previstas 16 unidades en la forma de realización mostrada, pudiéndose observar ocho de las mismas en la figura 3. Estos brazos de elevación 234 elevan la chapa de acero 226 del carro de solera 206, si el carro de solera 206 ha llegado al puesto de prensado o al dispositivo de prensado. Si la chapa de acero 226 se ha elevado mediante estos brazos de elevación 234, el carro de solera 206 retorna a la posición representada en la figura 3 y, por tanto, sale del puesto de prensado. El carro de solera mostrado 208 se mueve a continuación al puesto de prensado 204 por debajo de la chapa de acero 226 elevada mediante los brazos de elevación 234. La chapa de acero 226 se puede bajar después hasta el carro portamoldes 208 mediante los brazos de elevación 234. De esta manera, la chapa de acero 226 queda situada de manera suelta sobre un contramolde 236 que se puede identificar también como lecho de moldeo 236. La chapa de acero caliente 226 se puede presionar ahora contra la chapa de acero mediante el molde o el punzón de moldeo 232, accionado por las ocho prensas individuales 230, de modo que la chapa de acero 226 puede asumir la forma del punzón de moldeo 232 y del lecho de moldeo 236 adaptado al respecto.

El carro portamoldes 208 está representado en la figura 3 en una posición de espera por fuera del puesto de prensado 204. El carro portamoldes presenta un mecanismo de traslación de carro portamoldes 238 que dispone de una estabilidad muy alta y es capaz de absorber grandes fuerzas, porque no sólo debe soportar la chapa de acero 226, sino también el peso del lecho de moldeo 236.

La figura 4 muestra una vista frontal del puesto de prensado 204, facilita una vista frontal del punzón de moldeo 232 sobre el carro portamoldes 208 y muestra los brazos de elevación 234.

El punzón de moldeo 232 se mueve mediante ocho prensas individuales 230 de manera simultánea y uniforme hacia el lecho de moldeo 236 para conformar la chapa de acero 226. El carro portamoldes 208 se mueve con su mecanismo de traslación de carro portamoldes 238 sobre el sistema de carriles 210 y soporta el lecho de moldeo 236 mediante un portamoldes 240. Para prensar la chapa de acero 226, el portamoldes 240 se puede colocar sobre un apoyo de soporte 242 dispuesto a ambos lados del mecanismo de traslación de carro portamoldes 238. De este modo se consigue que el mecanismo de traslación de carro portamoldes 238 no tenga que absorber fuerzas de presión enormes originadas al prensarse la chapa de acero 226.

Para elevar y bajar la chapa de acero 226 están previstos los brazos de elevación 234 que presentan apoyos de chapa 244, mediante las que los brazos de elevación 234 se pueden situar por debajo de la chapa de acero 226. El mecanismo seleccionado del brazo de elevación 234 consigue una elevación en perpendicular lo más uniforme posible de la chapa de acero 226.

La figura 5 muestra una representación esquemática de una vista frontal del horno 202 y del carro de solera 206. El horno 202 presenta una cámara de horno interior 246 y al menos un fondo de horno 216. El carro de solera 206 queda apoyado con su mecanismo de traslación 222 sobre el sistema de carriles 210. Desde el mecanismo de traslación 222 se extiende una estructura portante 228 a través del orificio de fondo alargado 218 hasta la cámara de horno 246. En la cámara de horno 246 está dispuesta la mesa portante 224 que es soportada por la estructura portante 228. Sobre la mesa portante 224 está representada una chapa de acero 226 que se calienta en el horno 202 y, por tanto, en la cámara de horno 246.

El dispositivo de soldadura 600 de la figura 6, representado esquemáticamente, comprende un robot de soldadura 602 y un dispositivo de movimiento 604. En el dispositivo de movimiento 604 está fijado un segmento de pala de rotor 606 en el dispositivo de movimiento 604. En la representación de la figura 6 no se muestra la fijación. El segmento de pala de rotor 606 se puede girar entonces alrededor de un eje longitudinal 608 mediante el dispositivo de movimiento 604. El eje longitudinal 608 discurre hacia el interior del plano del dibujo y está representado aquí sólo como punto. El dispositivo de movimiento 604 presenta al respecto una corona giratoria 610 que gira alrededor de este eje longitudinal 608. Con este fin está previsto un motor de accionamiento 612 que se controla mediante un ordenador de proceso 614.

El proceso de soldadura es realizado por un cabezal de soldadura 616 que forma un cabezal de mecanizado, está dispuesto en un brazo de robot 618 de varias articulaciones del robot de soldadura 602 y es guiado por éste. La soldadura se lleva a cabo respectivamente en el punto de soldadura actual 620 en el segmento de pala de rotor 606. La figura 6 muestra el punto de soldadura actual 620 como un punto de soldadura dispuesto en el espacio interior

del segmento de pala de rotor 606. Asimismo, se puede soldar también una costura de soldadura exterior que queda situada en cada caso de manera correspondiente arriba sobre la pala de rotor 606.

El dispositivo de movimiento 604 garantiza mediante el giro de la corona giratoria 610 y, por tanto, mediante el giro del segmento de pala de rotor 606 alrededor del eje longitudinal 608 que el punto de soldadura actual 620 quede dispuesto siempre sobre una sección horizontal del segmento de pala de rotor 606. En el caso de la soldadura interior mostrada, esto significa que el dispositivo de giro 604 garantiza que el punto de soldadura actual 620 quede situado esencialmente siempre abajo. En caso de una soldadura exterior, esto significa en principio que el punto de soldadura actual 620 quede situado esencialmente siempre arriba.

La posición exacta del punto de soldadura actual 620 varía en dos direcciones perpendiculares al eje longitudinal 608, que están representadas en la figura 6 como dirección x y dirección y. En dependencia del desarrollo de la costura a soldar se puede añadir también un movimiento en dirección del eje longitudinal 608. Para una mejor comprensión se ha de señalar que el segmento de pala de rotor mostrado 606, que antes de la soldadura se puede identificar también como disposición de preparación 606, representa esencialmente un cuerpo hueco que sirve como base para una pala de rotor o parte de una pala de rotor. Por tanto, una forma aerodinámica concreta no tiene que estar prevista aún en esta etapa de soldadura del cuerpo hueco. En particular se pueden completar posteriormente elementos tales como un perfil de canto trasero que termina en punta.

A fin de tener en cuenta el cambio de posición del punto de soldadura actual 620, el robot de soldadura 602 guía el cabezal de soldadura 616 con la ayuda del brazo de robot 618, representado de manera ilustrativa, a lo largo del punto de soldadura actual 620 respectivamente. Se ha de señalar que también la disposición del robot de soldadura 602 en la figura 6 es sólo ilustrativa. En particular, el brazo de robot 618 no se extiende a través de la corona giratoria 610 ni a través de un revestimiento del segmento de pala de rotor 606. Más bien, el brazo de robot 618 se guía en dirección longitudinal aproximadamente a lo largo del eje de giro 610 a través de la corona giratoria 610 y hacia el interior del segmento de pala de rotor 606. Tal brazo de robot puede presentar una longitud superior a 20 m, en particular una longitud de hasta 35 m.

En el robot de soldadura 602 está previsto además un medio de control manual 622, mediante el que una persona 624 puede participar manualmente de manera complementaria en el control de soldadura.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo simplificado para el corte de una chapa de acero conformada mediante un robot de plasma, o sea, un robot que corta la chapa de acero conformada con un láser. La operación de corte 700 comienza en el bloque de posicionamiento 702 para fijar la chapa de acero conformada en una posición predeterminada y posicionarla de este modo.

De acuerdo con el bloque de datos 704 se seleccionan a continuación los datos que contienen los datos de la línea de corte correspondiente, en particular una línea de corte original prevista, en particular sobre la chapa de acero que se va a cortar ahora. El bloque de datos 704 está subordinado lógicamente al bloque de posicionamiento 702, porque sólo mediante la fijación de la chapa de acero a cortar queda claro el juego de datos que se va a utilizar. Por ejemplo, para la fabricación de un segmento de pala de rotor de acero 24 se pueden utilizar chapas de acero conformadas diferentes. En principio, la secuencia temporal del bloque de posicionamiento 702 y del bloque de datos 704 se puede desarrollar, sin embargo, en dirección contraria. Se tiene en cuenta también una realización simultánea.

En el bloque de marcación 706, en dependencia de los datos seleccionados se recorre sobre la chapa de acero conformada una línea de corte deseada, específicamente la línea de corte original prevista como trayectoria, y se mide la chapa de acero durante este proceso y se determina y se almacena la línea de corte guía adaptada a la chapa de acero, medida de este modo, así como se realiza una costura de marcación. La costura de marcación es aquí el resultado visible que le da nombre al bloque de marcación 706. Resulta importante determinar y almacenar la línea de corte guía. Ésta se determina mientras el cabezal de mecanizado, específicamente el cabezal de soldadura, sigue el desarrollo real de la chapa de acero sobre la base de la línea de corte original.

En el bloque de corte 708, que se puede identificar también como cut-block 708, la chapa de acero es recorrida a continuación nuevamente por el robot de plasma o su cabezal de mecanizado, específicamente sobre la base de la línea de corte guía registrada antes y, por tanto, a lo largo de la costura de marcación realizada en el bloque de marcación 706. El cabezal de mecanizado se guía aquí de manera muy precisa y la chapa de acero se corta a lo largo de la costura de marcación.

La chapa de acero está cortada ahora a medida y para uno, varios o todos los cantos de la chapa de acero, cortada a medida ahora, se puede activar el bloque de achaflanado 710, en el que el robot de plasma con su cabezal de mecanizado recorre los cantos en cuestión y realiza un chaflán en los mismos para preparar así una ranura de soldadura en forma de muesca cuando se unen dos cantos, que presentan tal chaflán, o sea, dos chapas de acero correspondientes.

Después de esto finaliza en principio la operación de corte y la chapa de acero se puede retirar de su fijación y seguir procesando. La figura 8 muestra un robot de plasma 722 con un cabezal de mecanizado 712. En la figura 8 está representado además esquemáticamente un corte a medida real de la chapa de acero 714, para cuya representación se seleccionó una línea continua, y con una línea discontinua está representada una supuesta chapa de acero 716 que está situada para una chapa de acero original y, por tanto, para una parte de mecanizado original que constituye la base para definir una línea característica de corte original que se puede considerar también como línea característica de corte óptima. En la figura 8 está representado también esquemáticamente un plano de base 720. En principio, esta representación esquemática muestra el plano de base 720 y las dos chapas de acero 714 y 716 en una vista lateral, puramente esquemática. En particular, las dos chapas de acero 714, 716 pueden estar dobladas también hacia el interior del plano del dibujo, lo que no aparece representado aquí para simplificar.

La figura 8 muestra una instantánea del cabezal de mecanizado 712 durante la medición de la chapa de acero 714 que existe realmente y que se va a procesar. El cabezal de mecanizado 712, representado en esta instantánea, se encuentra en su posición idealizada respecto al punto P0 en la supuesta chapa de acero original 716. A partir del punto P0 se obtiene en dirección de troquelado R_1 una distancia a_1 respecto a la chapa de acero real 714. Además, a partir del punto P0 en dirección de perforación R_2 se obtiene una distancia a_2 respecto a la chapa de acero real 714. Se dispone entonces de una pluralidad de posibilidades para guiar el cabezal de mecanizado 712 sobre la base de la desviación respecto a la chapa de acero real 714. Si el cabezal de mecanizado 714 se cambia en la distancia a_1 en dirección de troquelado R_1 para la corrección, se obtiene la posición de cabezal de mecanizado mostrada 731. Por el contrario, si el cabezal de mecanizado 712 se cambia sólo en la distancia a_2 en dirección de perforación R_2 para la corrección, se obtiene la segunda posición 732 del cabezal de mecanizado. Según una forma de realización se propone, sin embargo, una corrección que propone una combinación de ambas correcciones, que da como resultado la primera posición 731 o la segunda posición 732. Esta tercera posición propuesta está identificada con el número de referencia 733 para el cabezal de mecanizado. Esta posición tiene en cuenta tanto la desviación a_1 en dirección de troquelado R_1 como la desviación a_2 en dirección de perforación R_2 . El cálculo exacto se explica en este sentido en la figura 9.

La figura 9 muestra a escala ampliada primeramente sólo las dos distancias a_1 de la dirección de troquelado y a_2 de la dirección de perforación. En este caso se propone utilizar la mitad de la distancia a_1 de la dirección de troquelado como vector de corrección $\bar{K}_1$. La mitad de la distancia a_2 en dirección de perforación se utiliza como vector de corrección $\bar{K}_2$. Una adición vectorial proporciona el vector de corrección total $\bar{K}$. Con éste se puede determinar el nuevo punto P_N a partir del punto óptimo P0. El nuevo punto P_N está dibujado también en la figura 8 y corresponde a la tercera posición 733 del cabezal de mecanizado. Mediante este cálculo de la corrección para el cabezal de mecanizado 712, teniendo en cuenta tanto la desviación a_1 en dirección de troquelado R_1 como la desviación a_2 en dirección R_2 se obtiene un resultado ventajoso, específicamente un cálculo ventajoso del nuevo punto P_N y, por tanto, de la posición corregida 733 del cabezal de mecanizado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de conformado para conformar en caliente una chapa de acero (226) de una pala de rotor (108), que se va a fabricar, de una planta de energía eólica (100), que comprende las etapas:

- calentar la chapa de acero (226) en un horno (202) mientras la chapa de acero (226) descansa sobre un carro de solera (206),
- desplazar la chapa de acero caliente (226) con el carro de solera (206) desde el horno (202) hasta un dispositivo de prensado (204) para el conformado en caliente,
- desplazar un carro portamoldes (208) hacia el dispositivo de prensado (204),
- trasladar la chapa de acero caliente (226) en el dispositivo de prensado (204) desde el carro de solera (206) hasta el carro portamoldes (208) que presenta un contramolde (236), y
- prensar la chapa de acero (226) mediante al menos un punzón de prensado (232) que se presiona contra la chapa de acero (226) de tal modo que ésta se conforma entre el punzón de prensado (232) y el contramolde (236), en particular toma la forma del punzón de prensado (232) y del contramolde (236),

realizándose el traslado de la carga de modo que

- la chapa de acero (226) se eleva del carro de solera (206),
- el carro de solera (206) se extrae por debajo de la chapa de acero (226),
- el contramolde (236) se mueve con el carro portamoldes (208) por debajo de la chapa de acero (226) y
- la chapa de acero (226) se baja hasta el contramolde (236).

2. Procedimiento de conformado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el carro de solera (206) se mueve sobre un sistema de carriles (210) desde el horno (202) hasta el dispositivo de prensado (204) y/o por que el carro portamoldes o un carro portamoldes (208) se mueve sobre un sistema de carriles o sobre el sistema de carriles (210) hacia el dispositivo de prensado (204).

3. Dispositivo de conformado (200) para conformar en caliente una chapa de acero (226) que comprende:

- un horno (202) para calentar la chapa de acero (226),
 - un dispositivo de prensado (204) para conformar la chapa de acero (226),
 - un carro de solera (206) para transportar la chapa de acero (226) desde el horno hasta el dispositivo de prensado,
- estando caracterizado el dispositivo de conformado por un carro portamoldes (208), que proporciona un contramolde (236) durante el conformado y se puede desplazar hacia dentro y hacia afuera del dispositivo de prensado (204), para alojar la chapa de acero (226) en el dispositivo de prensado (204) y para proporcionar un contramolde (236) durante el conformado.

4. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que**

- el horno (202) presenta un fondo de horno (216) con un orificio de fondo (218) y
- el carro de solera (206) está caracterizado por
- un mecanismo de traslación (222) para el desplazamiento desde el horno (202) hasta el dispositivo de prensado (204),
- una mesa portante (204) para soportar la chapa de acero durante el calentamiento en el horno y durante el transporte del horno (202) al dispositivo de prensado (204) y
- una estructura portante (228) para unir la mesa portante (224) al mecanismo de traslación (222),

estando configurada la estructura portante (228) de modo que se extiende desde el mecanismo de traslación (222) a través del orificio de fondo (218) hasta la mesa portante (224) en el horno (202), si la mesa portante (224) soporta la chapa de acero en el horno (202).

5. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con la reivindicación 4, que está configurado de modo que el carro de solera (206) puede entrar y salir del orificio de fondo (218) con la estructura portante (228) al estar abierto el horno (202), en particular el orificio de fondo (218) está configurado como orificio en forma de ranura en el fondo de horno (216).

6. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado por** un sistema de carriles (210) para desplazar el carro de solera (206) desde el horno (202) hasta el dispositivo de prensado (204) y para desplazar un carro portamoldes o el carro portamoldes (208) hacia adentro del dispositivo de prensado (204) y hacia afuera del dispositivo de prensado (204), presentando el sistema de carriles (210) en particular un par de carriles, sobre el que están dispuestos de manera desplazable el carro de solera (206) y el carro portamoldes (208).

7. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado por que** el dispositivo de prensado (204) presenta un dispositivo de elevación (234) para la elevación uniforme de la chapa de acero (226) desde el carro de solera (206) y para la colocación uniforme de la chapa de acero sobre un carro portamoldes o el carro portamoldes (208).
- 5
8. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** el dispositivo de elevación (234) presenta varios brazos de elevación (234) provistos respectivamente de un mecanismo de movimiento para la sujeción lateral por debajo de la chapa de acero (226).
- 10
9. Dispositivo de conformado (200) de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 8, **caracterizado por que** el dispositivo de prensado (204) presenta varias prensas individuales, en particular 8 prensas individuales (230), para presionar conjuntamente un punzón de moldeo (232) con el fin de conformar la chapa de acero (226) dispuesta sobre el carro portamoldes (208), disponiendo las prensas individuales (230) de unidades de accionamiento propias.

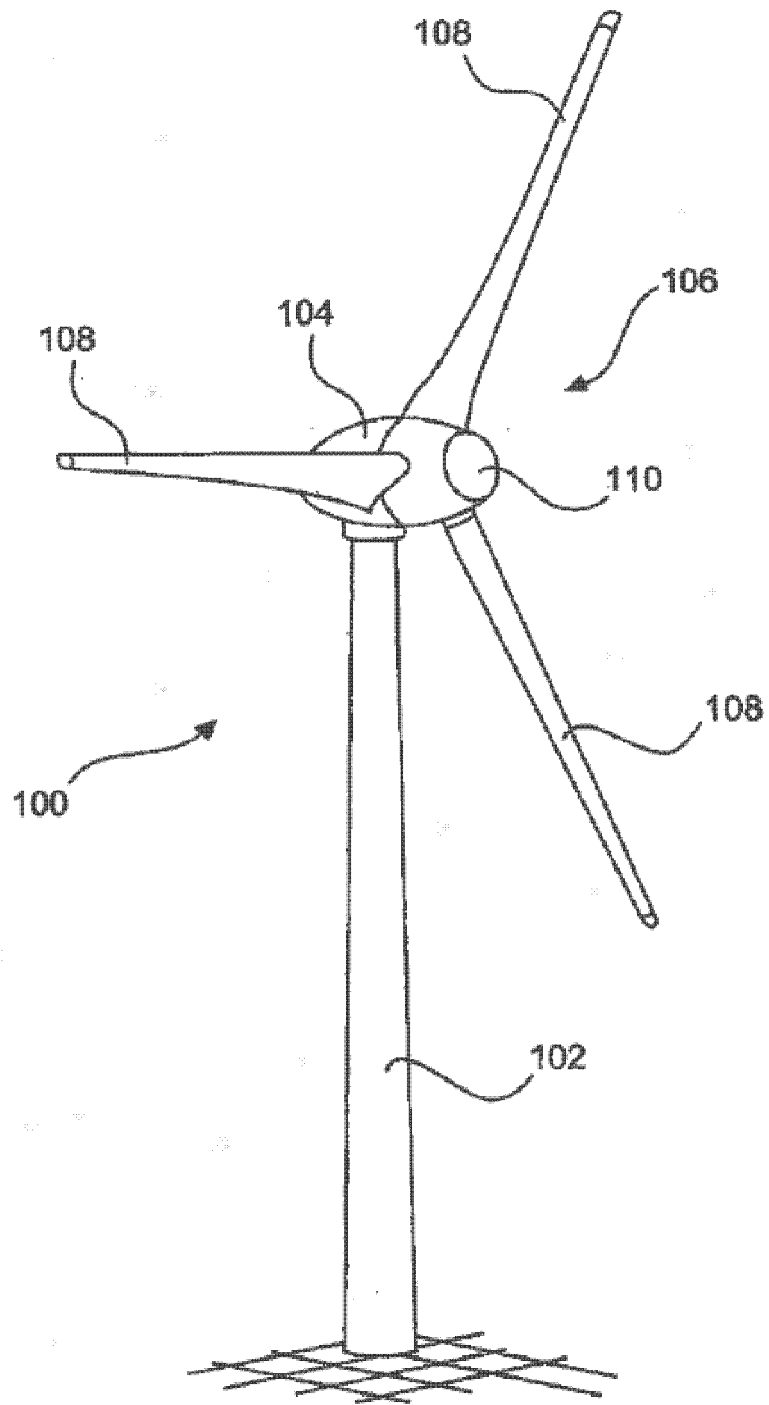


Fig. 1

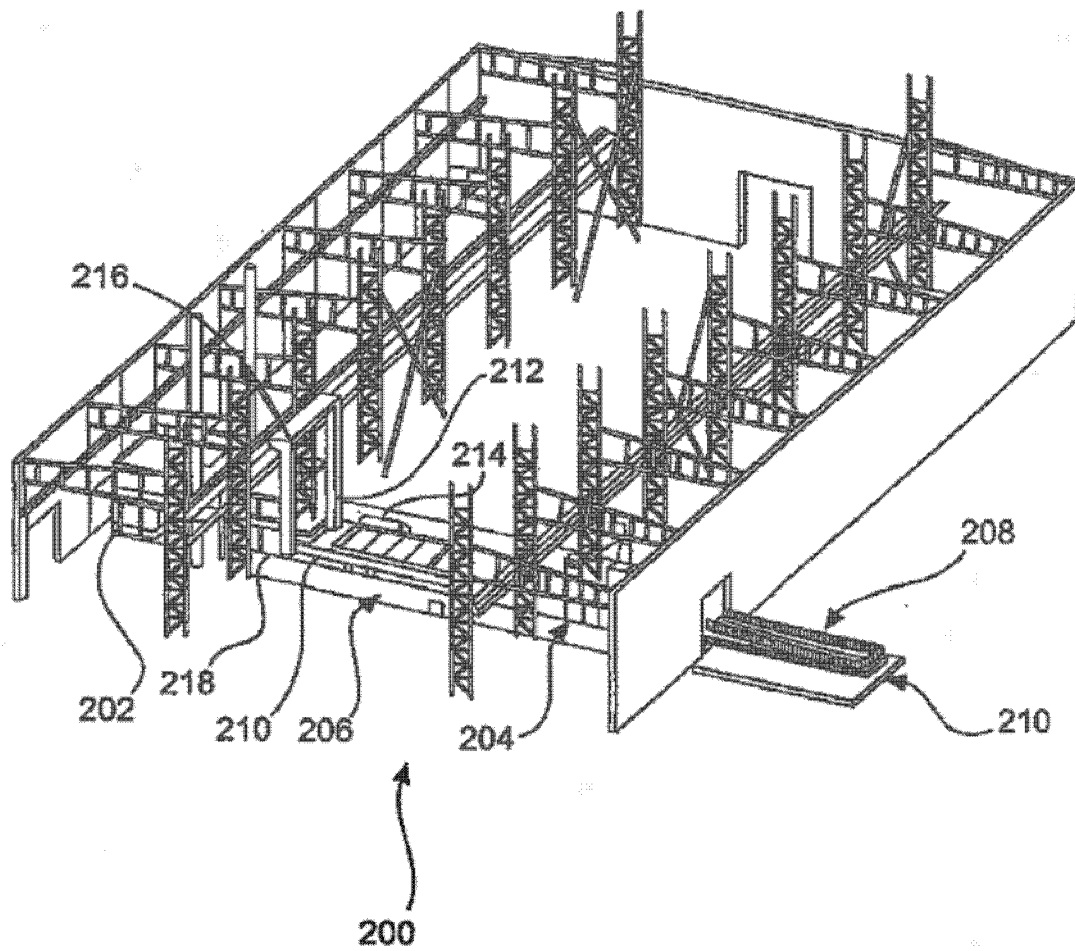


Fig. 2

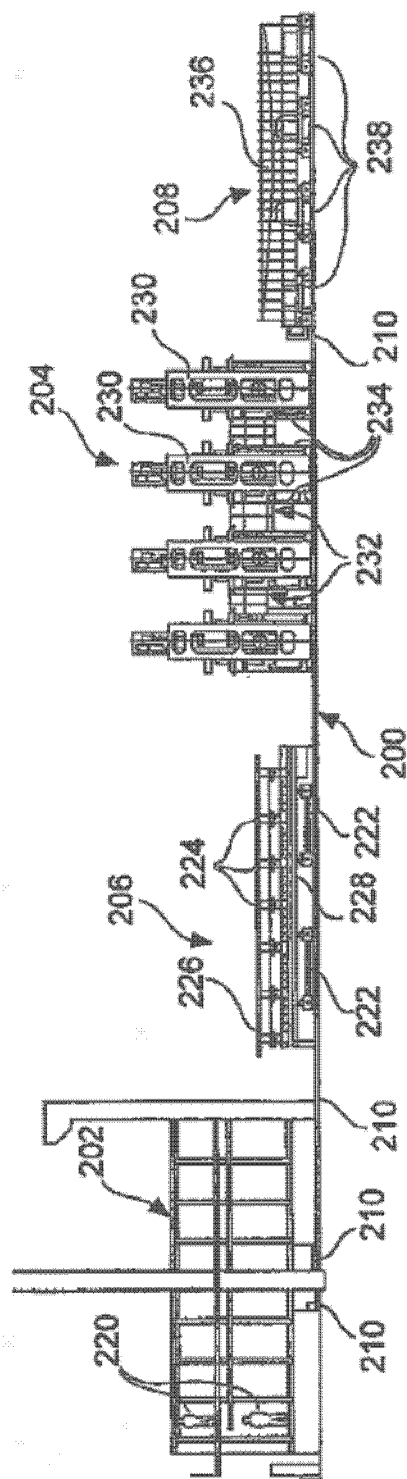


Fig. 3

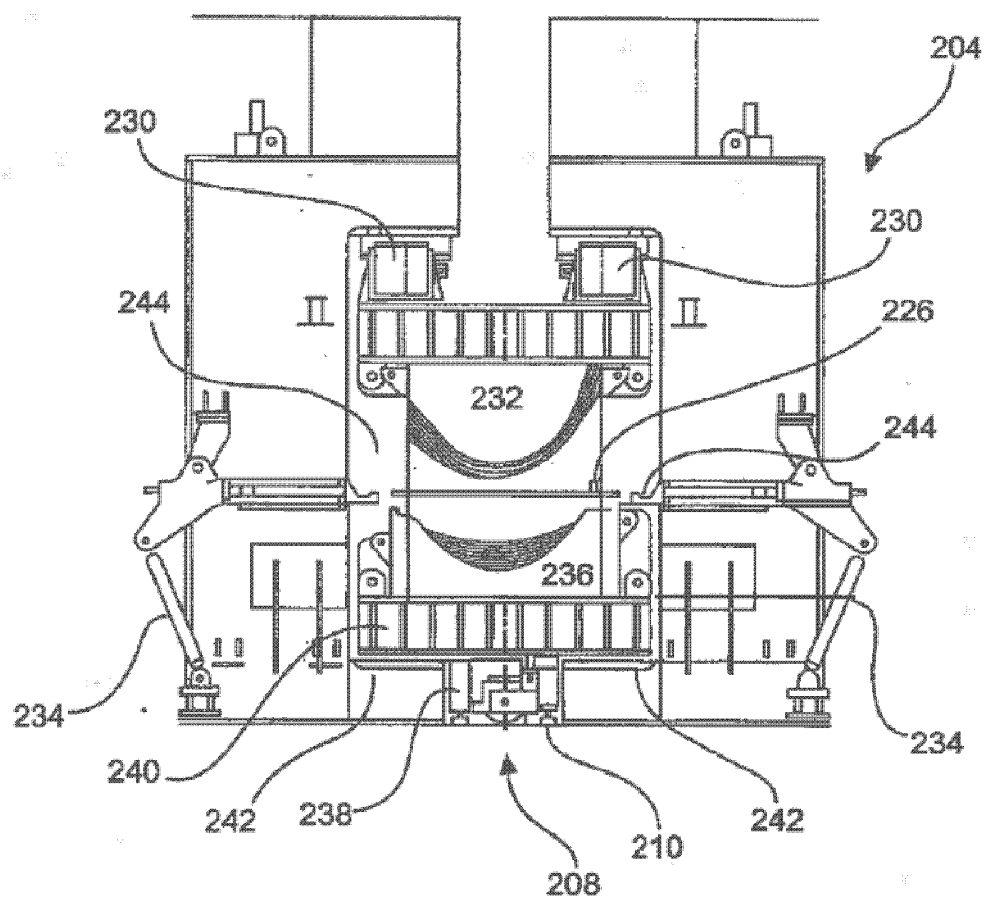


Fig. 4

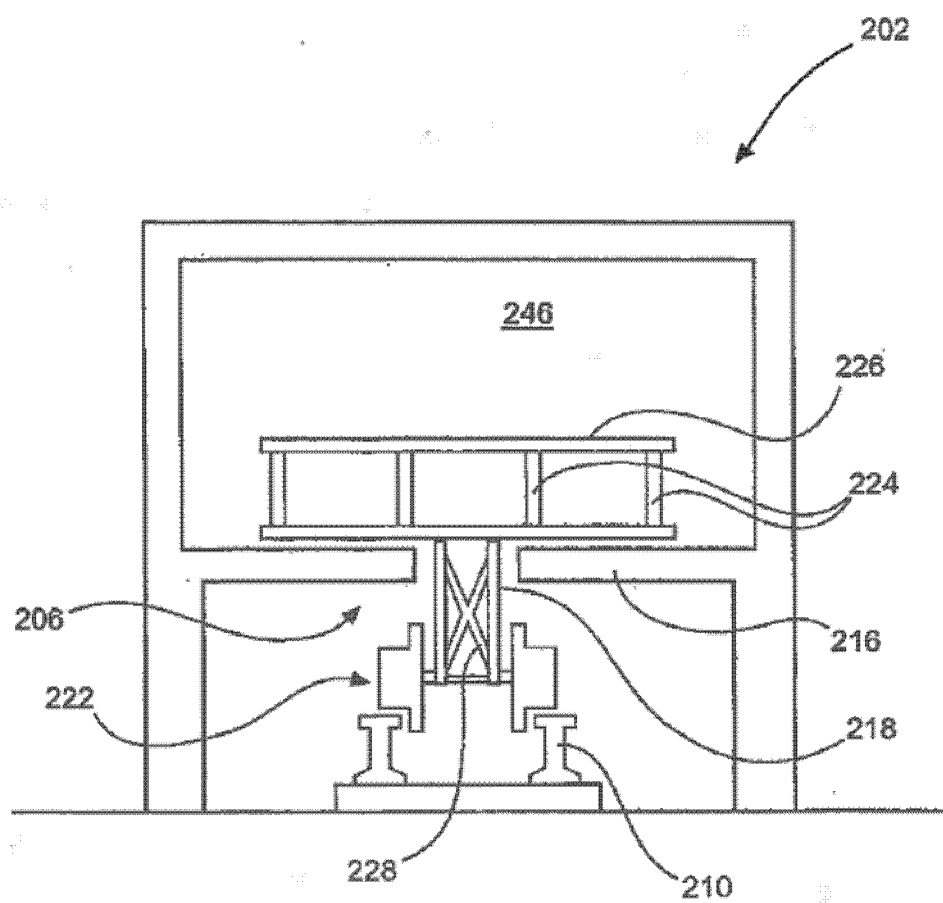


Fig. 5

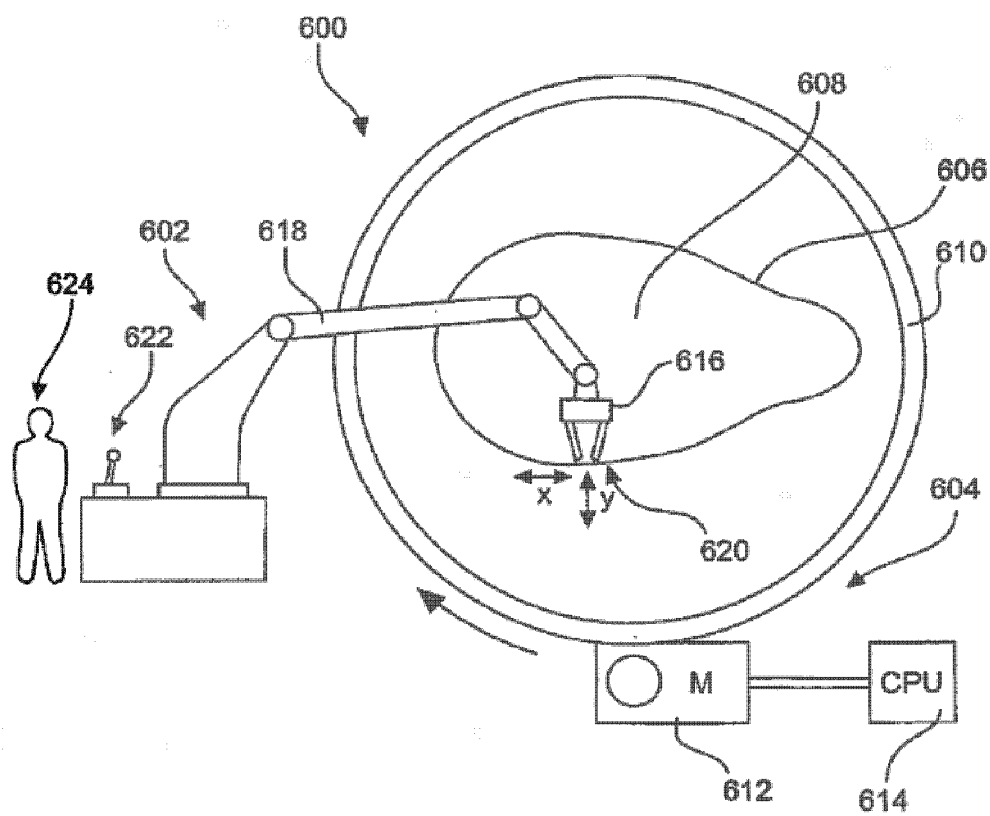


Fig. 6

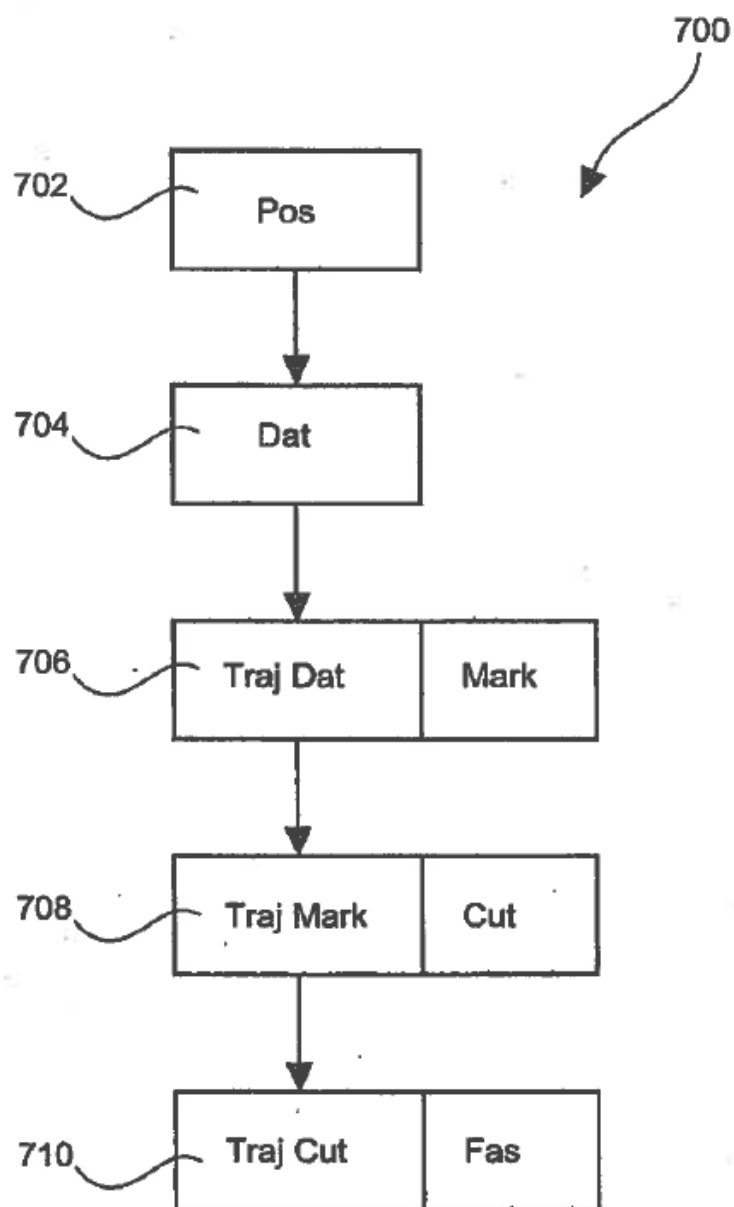


Fig.7

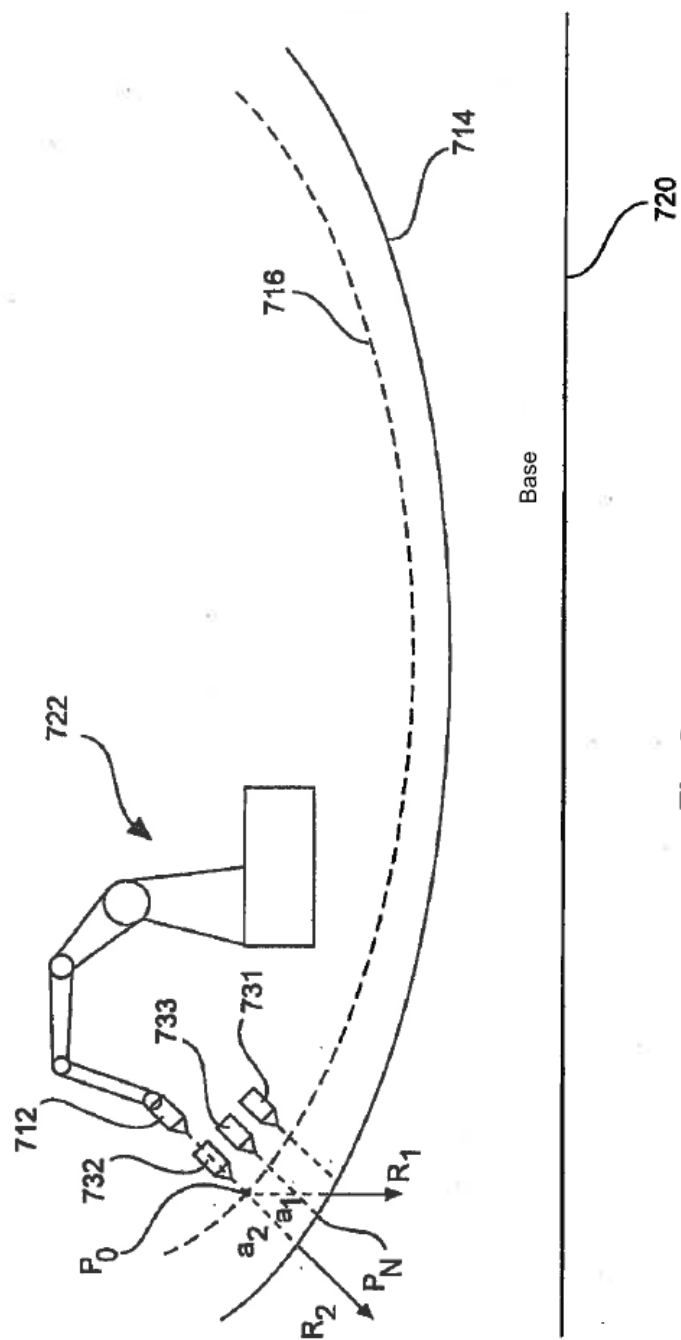
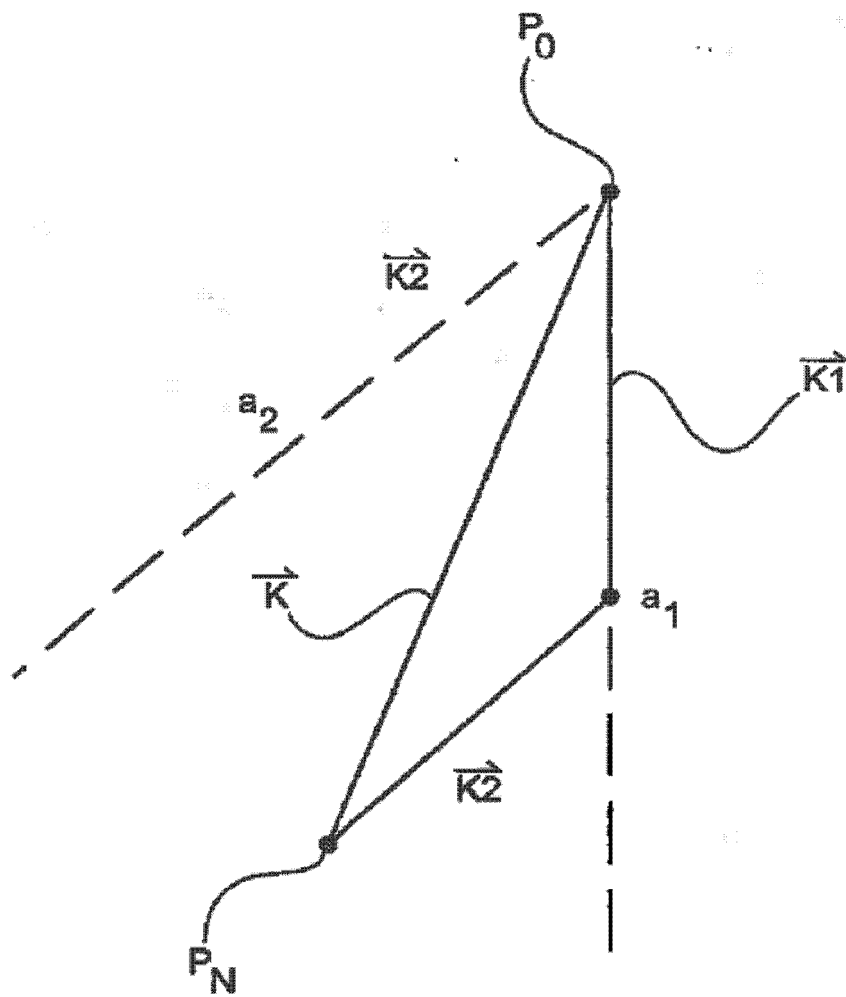


Fig. 8



$$\vec{K} = \vec{K}_1 + \vec{K}_2$$

Fig. 9