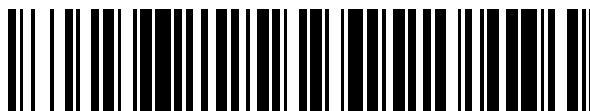


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 510**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16** (2006.01)

**G05B 19/401** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2014** **E 14189926 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 2865497**

54 Título: **Robot de rectificadado para el casco de un buque y procedimiento de rectificadado del casco de un buque**

30 Prioridad:

**22.10.2013 DE 102013221431**

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

**29.04.2020**

73 Titular/es:

**FREESE AG (100.0%)  
Carl-Benz-Strasse 29  
28237 Bremen, DE**

72 Inventor/es:

**MORSCHHEUSER, MARKUS y  
BANGERT, PATRICK**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 757 510 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**

Robot de rectificado para el casco de un buque y procedimiento de rectificado del casco de un buque

- 5 La invención se refiere a un robot de rectificado para el casco de un buque que comprende un cabezal de rectificado equipado con un abrasivo movable, cabezal de rectificado que está fijado a un dispositivo actuador que conecta el cabezal de rectificado a un bastidor y puede moverse en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado. Un segundo aspecto de la invención es un dispositivo de aplicación de material para aplicar una masilla de relleno al casco de un buque, que comprende un cabezal de aplicación para dispensar la masilla de relleno a una superficie de casco de buque, que está fijado a un dispositivo actuador que conecta el cabezal de rectificado con un bastidor y puede moverse en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado. Otro aspecto de la invención es un procedimiento de rectificado del caso de un buque, donde se mueve un cabezal de rectificado equipado con un abrasivo a lo largo del casco de buque en al menos dos direcciones mutuamente perpendiculares en relación con el bastidor mediante un dispositivo actuador que conecta el cabezal de rectificado a un bastidor. Finalmente, otro aspecto de la invención es un procedimiento para aplicar una masilla de relleno al casco de un buque.

Estos robots de rectificado, dispositivos de aplicación, procedimientos de rectificado y procedimientos de aplicación se utilizan para alisar la superficie del casco de un buque en el curso de su fabricación o reacondicionamiento, eliminando así la rugosidad y los desniveles. Los robots de rectificado y los dispositivos de aplicación pueden utilizarse, en particular, para mecanizar cascos de buques de más de 10 m de eslora y son especialmente eficaces para buques de más de 50 m de eslora, ya que a partir de este tamaño el rectificado manual de buques ya no puede realizarse de forma rentable.

25 Los robots de rectificado están equipados con un cabezal de rectificado impulsado, que contiene un abrasivo, que genera un movimiento relativo entre el abrasivo y el casco del buque. Puede ser un abrasivo en forma de lijadora de disco o de cinta, donde gira un disco abrasivo o una cinta abrasiva. También son posibles los movimientos oscilantes del abrasivo. El cabezal de rectificado es guiado por el robot de rectificado a lo largo de la superficie del casco del buque en un movimiento de guía superpuesto a este movimiento del abrasivo. Este movimiento de guía define la superficie producida por el procedimiento de rectificado.

Es sabido que tales robots de rectificado son controlados por un operador mediante el control manual de los actuadores para mover el cabezal de rectificado a lo largo del casco del buque. Este control por parte de un operador permite controlar las secciones de superficie que se van a mecanizar inmediatamente durante el procedimiento de rectificado y evitar que se excluyan del procedimiento de rectificado zonas del casco del buque que no se van a rectificar, tales como ventanas, portillos o instalaciones y superestructuras utilizadas para la propulsión del buque. Una desventaja de este control por parte de un operador, sin embargo, es la susceptibilidad a errores y la alta cualificación del operador requerida para un mecanizado preciso según este método.

40 También es conocido por definir la superficie a producir por el procedimiento de rectificado en una planificación preliminar y por generar datos de control para el robot de rectificado a partir de esta planificación preliminar. En principio, un procedimiento de rectificado más económico puede lograrse con un procedimiento de rectificado de este tipo, especialmente en superficies grandes y curvas del casco. Una desventaja de este enfoque, sin embargo, es la lenta definición de la geometría de la superficie y el ajuste del robot de rectificado en el casco del buque necesario para llevar a cabo el procedimiento de rectificado sobre la base de los datos de control. Además, este procedimiento no se puede utilizar para el rectificado automático si hay instalaciones o superestructuras, ventanas y similares en la superficie del casco que se va a mecanizar.

Otro problema en el rectificado de los cascos de los buques es que se aplica una masilla o material de relleno a la pared del casco del buque que soporta la estructura, que normalmente consiste en placas de metal soldadas, para alisar las superficies irregulares o rellenar los huecos. Aplicando esta masilla de relleno, se puede crear una superficie hidrodinámicamente favorable durante el procedimiento de rectificado posterior, creando una superficie lisa y libre de desniveles sin necesidad de mecanizar la pared metálica del casco del buque. Este procedimiento puede aumentar significativamente la vida útil del abrasivo porque sólo se rectifica regularmente la masilla de relleno, pero no el material metálico de la pared de la pared del casco que soporta la estructura.

El el documento GB2447455A hay un sistema de mecanizado móvil para mecanizar objetos mediante un robot de varios ejes. Basándose en los datos de medición de una superficie, el robot de varios ejes se controla de tal manera que las irregularidades superficiales de la superficie del objeto se pueden compensar mediante la aplicación o eliminación de material.

De los documentos EP1103310B1 y EP1813354B1 se conoce un aparato para mecanizar cascos de buques. Este

aparato consta de una herramienta de análisis de superficie, una herramienta para aplicar una conexión de perfilado y herramientas para eliminar la conexión de perfilado aplicada mediante fresado o rectificado. Las herramientas están conectadas a un robot y son controladas por ordenador. Este conocido dispositivo realiza un llamado enderezado donde se mide el casco y mediante la aplicación de material al casco y a todos los huecos detectados durante la medición se produce un exceso de material que puede ser eliminado en un procedimiento de rectificado posterior de tal forma que se obtiene una superficie totalmente lisa. El procedimiento automatizado es adecuado para el mecanizado de las superficies del casco que discurren regularmente, como las de los buques de vela. En este caso, el mecanizado del robot se puede realizar en un procedimiento de trabajo continuo y, por lo tanto, ya se puede conseguir una superficie uniforme mediante la continuidad del mecanizado. Cuando este dispositivo se utiliza en los cascos de los buques, se producen varios problemas. Por un lado, los cascos de los buques suelen tener accesorios salientes o empotrados, tales como portillos o regatas. El mecanizado continuo y la detección previa de la superficie de dichos accesorios provocaría, por un lado, una modificación de la geometría de la superficie de la pared del casco que no sería deseable desde el punto de vista funcional, por ejemplo, nivelando la regata a ras y con una capa superior continua en la superficie circundante y aplicando una cantidad considerable de material a tal fin. Además, la funcionalidad de los accesorios, como portillos o puertas de garaje, puede verse afectada por la aplicación o el desmontaje de materiales. Otro problema es que, aunque el suministro de la herramienta de análisis, la herramienta de aplicación y la herramienta de extracción en un brazo robótico es un requisito previo importante para la precisión de mecanizado de este sistema conocido, conduce a una velocidad de mecanizado insuficiente para los cascos de buques grandes. Las etapas de mecanizado del análisis de la superficie, de la aplicación y de la retirada del material deben ser efectuadas sucesivamente por un robot según el estado actual de la técnica, lo que provoca retrasos que no son rentables, sobre todo en el caso del mecanizado de grandes superficies. Por lo tanto, es necesario un mecanizado automatizado que permita una finalización más rápida incluso de los grandes cascos.

Sin embargo, el material o la masilla de relleno se aplica regularmente en procedimientos de rectificado conocidos, de tal manera que se aplica un gran recargo por mecanizado. Esto se debe al hecho de que una aplicación demasiado cuidadosa del material o la masilla de relleno puede llevar a que queden huecos o secciones cóncavas de la pared del casco durante el procedimiento de rectificado posterior, lo que requiere un llenado posterior con material o masilla de relleno. Debido a la repetición asociada de las etapas de trabajo, el cumplimiento de los tiempos de secado, tal aplicación y procedimiento de rectificado repetido es desventajoso para el rectificado económicamente eficiente de los cascos de buques.

La aplicación generosa de un excedente de material o masilla de relleno, sin embargo, tiene otras desventajas. Por un lado, esto provoca una carga de polvo considerable, ya que durante el procedimiento de rectificado es necesario eliminar grandes volúmenes de material y masilla de relleno del casco del buque. Por otro lado, el alto consumo de masilla y material de relleno tiene un efecto perjudicial en la rentabilidad del mecanizado del casco del buque, ya que tanto los costes de material del material o la masilla de relleno aumentan y también puede ser necesario aplicar dos o más capas y, finalmente, se hace necesario un procedimiento de rectificado que lleva mucho tiempo. Uno de los objetivos de esta invención es hacer posible rectificar cascos de buques de una manera que evite estas desventajas.

Después de todo, tanto en la fabricación de buques nuevos como en el rectificado de los cascos de los buques en el curso de una operación de mantenimiento, hay un esfuerzo general minimizar el tiempo de mecanizado de toda la operación de acabado con el fin de lograr el menor tiempo de inactividad posible del buque. Es otro objetivo de esta invención habilitar el mecanizado de casco de buque en qué se consigue el tiempo de inactividad mínimo posible del casco de buque.

Estos problemas se solucionan según la invención con un robot de rectificado del diseño mencionado anteriormente proporcionando una unidad de control electrónica que está conectada técnicamente por señales al dispositivo actuador para controlar el movimiento del cabezal de rectificado a lo largo de al menos dos direcciones, la unidad de control comprende: una interfaz de entrada para leer los datos de exploración del casco del buque que describen la geometría de la superficie de éste, un módulo de filtrado diseñado para eliminar los datos de exploración que se encuentren fuera del casco del buque, un módulo de planificación que esté acoplado y diseñado con el módulo de filtrado mediante tecnología de señales, para definir, a partir de los datos de exploración filtrados, una superficie objetivo que envuelve el casco del buque sobre la base de los datos de la superficie objetivo, donde la superficie objetivo se define dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de tal forma que cada conjunto de datos de superficie define una superficie, que está libre de discontinuidades, un módulo de preparación del trabajo que está acoplado técnicamente por señales con el módulo de planificación y está diseñado para generar una pluralidad de conjuntos de datos del área de trabajo a partir de los datos de la superficie objetivo; cada conjunto de datos del área de trabajo define un área que es menor o igual al periodo de procesamiento, y un módulo de control, que está acoplado técnicamente por señales al módulo de preparación del trabajo y diseñado para crear un conjunto de datos de control para el dispositivo actuador a partir de cada conjunto de datos del área de trabajo, y una interfaz de salida para la salida de los conjuntos de datos de control al dispositivo actuador.

El innovador robot de rectificado permite realizar de forma eficiente un procedimiento de rectificado en el casco de un buque en un procedimiento total o parcialmente automatizado. Por un lado, esto ahorra una cantidad considerable de tiempo durante el procedimiento de rectificado, incluyendo la preparación del trabajo necesaria para ello, y por otro lado, el procedimiento de rectificado en sí mismo puede llevarse a cabo de una manera económicamente eficiente y con un uso mínimo de materiales de trabajo tales como herramientas de rectificado, masillas y rellenos.

Según la invención, esto se consigue utilizando un cabezal de rectificado que, cuando está montado en un robot de rectificado, puede ser movido en relación con un bastidor de tal manera que puede realizar el movimiento de rectificado a lo largo del casco del buque completamente automáticamente mediante el control de los actuadores. El propio bastidor puede, por ejemplo, montarse en una plataforma, que puede colocarse a una altura adecuada en una posición del casco del buque, de modo que este posicionamiento de la plataforma puede ser llevada a cabo a su vez por los actuadores de la plataforma.

El movimiento del robot de rectificado para guiar el cabezal de rectificado a lo largo del casco del buque se realiza mediante datos de control, que son calculados por una unidad de control electrónica antes de que comience el procedimiento de rectificado. La unidad de control puede ser una parte integral del control del robot de rectificado. Sin embargo, la unidad de control también puede estar representada por un dispositivo de cálculo electrónico separado, que genera los datos correspondientes, que se transmiten a través de interfaces al sistema de control del robot de rectificado. Por ejemplo, es posible colocar la unidad de control en un centro informático, calcular allí los datos de control, almacenarlos temporalmente en un medio de almacenamiento y transportarlos hasta el robot de rectificado, donde se pueden leer, o suministrar al robot de rectificado los datos de control desde este centro informático a través de un enlace de datos.

La unidad de control incluye una interfaz de entrada, tal como un lector de medios de almacenamiento o una interfaz de datos en serie o en paralelo para conectar una línea de datos, o una interfaz de transferencia de datos inalámbrica. Los datos de exploración que describen la geometría de la superficie del casco se pueden leer en la unidad de control a través de la interfaz de entrada.

Estos datos de exploración se obtienen regularmente barriendo el casco del buque en un solo procedimiento de exploración. Este barrido puede realizarse mediante elementos de barrido mecánico, pero se da preferencia a los instrumentos de medición que trabajan con radiación en el intervalo de longitudes de onda visibles o invisibles mediante barrido sin contacto, por ejemplo, mediante barrido láser del casco del buque. Los datos de exploración obtenidos de esta manera pueden obtenerse de forma particularmente eficiente y rápida con este método de barrido, incluso con grandes cascos de buques, pero entonces y en general suelen presentar una serie de artefactos.

Estos artefactos se deben, por una parte, a que los datos de exploración se obtienen en el conjunto de datos de exploración mediante barridos falsos (en el caso del barrido óptico, por ejemplo, mediante reflexiones sobre partículas de polvo en el aire o la detección de objetos procedentes de las inmediaciones del casco del buque), que no pertenecen a éste, y, por otra parte, a que en el conjunto de datos de exploración también se describen zonas del casco del buque que no se procesarán mediante el procedimiento de rectificado, tales como las instalaciones y superestructuras de las superficies del casco o de las ventanas, las superficies de los bastidores y otros similares. Para ello, la unidad de control está compuesta por un módulo de filtrado que elimina los datos de exploración que se encuentran como artefactos en el conjunto de datos de exploración y que se encuentran fuera del casco del buque, en un procesamiento automático de los datos de exploración. Esta distancia puede lograrse, en particular, describiendo la superficie del casco del buque en un vector o describiendo los parámetros de todo el conjunto de datos de exploración mediante la formación de una superficie, donde tiene lugar una optimización de los parámetros o vectores que describen la superficie después de que un número máximo de puntos de datos de exploración estén contenidos en esta superficie, así definida a partir del gráfico vectorial, con el fin de eliminar del conjunto de datos de exploración los puntos de datos de exploración que se encuentran a una distancia de tolerancia superior a una distancia predeterminada de esta superficie definida. Dependiendo de la naturaleza del casco del buque, un reconocimiento automatizado o manual de las secciones de superficie donde no se va a realizar ningún rectificado puede seguir o preceder a éste para eliminar también estos datos de exploración del conjunto de datos de exploración.

Según la invención, esto hace posible proporcionar el dispositivo de exploración por separado del robot de rectificado, de modo que ni una conversión del robot de rectificado para el procedimiento de exploración es necesaria ni el procedimiento de exploración tiene que seguir el procedimiento de rectificado en el tiempo. Esto permite el mecanizado simultáneo del casco con uno o más robots de rectificado y también permite explorar una parte del casco mientras se mecaniza otra parte del casco.

A partir de los datos de exploración filtrados generados de este modo, se crea un conjunto de datos en un módulo de planificación, que también forma parte de la unidad de control, que definen una superficie objetivo del casco del buque. Esta superficie objetivo se genera en un procedimiento de procesamiento automatizado de datos y sigue preferentemente las siguientes condiciones de contorno:

5

La superficie objetivo debe ser una envoltura del casco, es decir, la superficie objetivo debe estar fuera del casco en su conjunto. Esta condición de contorno excluye la posibilidad de que partes del casco (metálico) del buque a mecanizar penetren en la superficie objetivo como resultado del rectificado posterior de la superficie objetivo, es decir, que entren en contacto con el cabezal de rectificado de la superficie objetivo cuando el robot de rectificado

10

lleve a cabo el trabajo de rectificado.

La superficie objetivo sigue un gráfico vectorial que describe una superficie plana o curva con el fin de lograr un curso hidrodinámico favorable del casco del buque.

15 La superficie objetivo es determinada por el módulo de planificación de tal manera que la menor distancia posible a la superficie del casco, que es definida por los datos de exploración, es alcanzada en todas partes para minimizar el volumen de relleno a aplicar integrado sobre toda la superficie. Los datos de la superficie objetivo generados de esta manera definen teóricamente la superficie que debe realizarse en el casco del buque después de que se haya llevado a cabo el procedimiento de rectificado y, por lo tanto, sirven para el procedimiento de mecanizado del casco

20 del buque en dos aspectos. Por un lado, son la base de los datos de control con los que el robot de rectificado mueve el cabezal de rectificado. Por otro lado, sirven de base para determinar la cantidad y el grosor de la capa del material/masilla de relleno y para aplicarla en consecuencia, por lo que debe aplicarse el correspondiente recargo mínimo por mecanizado más allá de esta superficie objetivo.

25 Los datos de la superficie objetivo generados de este modo se procesan en conjuntos de datos de la superficie de trabajo en un módulo de preparación del trabajo que también se encuentra en la unidad de control. Esta etapa de procesamiento resulta del problema de que un robot de rectificado que es capaz de guiar el cabezal de rectificado con suficiente precisión regularmente no tiene suficiente recorrido para mecanizar el casco de un buque en una sola operación. Por lo tanto, es necesario cambiar la posición de todo el robot de rectificado al menos una vez,

30 normalmente varias veces, durante el rectificado del casco del buque y mecanizar sólo una sección de la superficie del casco del buque de una posición a la vez. Para poder llevar a cabo este procedimiento de mecanizado eficientemente y al mismo tiempo para poder generar eficientemente los datos de control para el robot del buque en la fase de preparación del trabajo, la generación de varios conjuntos de datos de la superficie de trabajo ha demostrado ser ventajosa según la invención, por lo que un conjunto de datos de la superficie de trabajo en cada

35 caso sirve como posición de inicio para el procesamiento del rectificado por medio del robot de rectificado desde una posición del robot de rectificado, es decir, sin tener que mover el bastidor sobre el que está montado el propio robot de rectificado. Los conjuntos de datos de la superficie de trabajo generados de esta manera tienen en cuenta las características del robot de rectificado, en particular el rango de recorrido del cabezal de rectificado que puede realizar el robot de rectificado, es decir, el área de trabajo proporcionada por el robot de rectificado. La consideración

40 de estas propiedades de las máquinas-robots de rectificado hace que los conjuntos de datos de la superficie de trabajo también difieran en cuanto a su superficie barrida sobre el casco del buque, es decir, que la superficie, por ejemplo, en el caso de superficies muy curvadas es menor que en el caso de un área con casco de buque esencialmente plano. Al proporcionar varios conjuntos de datos de la superficie de trabajo, por un lado se puede realizar el procesamiento simultáneo de grandes cascos de buques por medio de varios robots de rectificado, por

45 otro lado las instalaciones o accesorios tales como regatas pueden ser sometidos a un mecanizado separado con su propio conjunto de datos de la superficie de trabajo y por lo tanto su superficie puede ser mecanizada, alisada y adaptada a la superficie del casco con una transición inestable o discontinua como una superficie sin costuras y continua.

50 Este registro de datos de control define los recorridos de trabajo del cabezal de rectificado para mecanizar la superficie de trabajo correspondiente en una estructura de datos que puede ser interpretada por el robot de rectificado. El número de conjuntos de datos de control corresponde al número de conjuntos de datos del área de trabajo. Los conjuntos de datos de control pueden representar paquetes de datos que pueden transmitirse al robot de rectificado de forma aislada o pueden combinarse varios conjuntos de datos de control para formar un conjunto

55

de datos de control integral para todo el casco del buque o para varias superficies de trabajo en el casco del buque.

Los conjuntos de datos de control así generados se emiten entonces individualmente o en forma de paquete desde la unidad de control, por lo que esta salida puede realizarse a los actuadores correspondientes del robot de rectificado si la unidad de control es una parte integral del robot de rectificado o esta salida puede realizarse a una

60

memoria de datos o a una línea de datos en forma inalámbrica o cableada con el fin de transferir los datos de control a un control del robot de rectificado.

El robot de rectificado según la invención, el procedimiento de deslizamiento según la invención y los aparatos para el procesamiento de superficie, en particular para llenar superficies, también cubiertas por la invención, así como los procedimientos de procesamiento correspondientes, en particular procedimientos de relleno, están preferentemente dirigidos al procesamiento de cascos de buque. Según la invención, estos aparatos y procedimientos también  
 5 pueden ser utilizados para procesar otras superficies, generalmente superficies técnicas, ya que el inventor ha reconocido que el problema anteriormente descrito para los cascos de los buques también puede ocurrir cuando se procesan otras superficies técnicas, incluso si éstas no exhiben las propiedades típicas de los cascos de los buques con sus secciones superficiales curvas y el requisito de una capa superficial hidrodinámicamente favorable. Así, el robot de rectificado según la invención, el procedimiento de rectificado según la invención y los aparatos para el  
 10 procesamiento de superficie también cubierto por la invención, en particular para llenar superficies, así como los procedimientos de procesamiento correspondientes, en particular procedimientos de relleno, pueden ser utilizados, por ejemplo, para el procesamiento de superficies de fuselaje de avión, superficies en vehículos de pista tales como vagones y locomotoras o unidades múltiples, vehículos de carretera tales como autocares, camiones tales como camiones cisterna. Asimismo, el procedimiento de procesamiento según la invención y los dispositivos de  
 15 procesamiento pueden ser utilizados para procesar, en particular para rectificar o llenar dispositivos estacionarios. Aquí, por ejemplo, se pueden mecanizar las superficies de tanques de almacenamiento, edificios, carcasas de máquinas o muebles.

Según una primera realización preferida, el módulo de filtrado está diseñado para formar, a partir de los datos de  
 20 exploración, una superficie de referencia plana o una superficie de referencia de curvatura continua donde se encuentran una pluralidad de puntos de datos de exploración, y para eliminar del conjunto de datos de exploración puntos de datos de exploración que se encuentran fuera de una distancia de tolerancia predeterminada de la superficie de referencia. Con este mecanismo, los datos de exploración pueden ser filtrados de forma automatizada por una unidad de cálculo electrónica, donde se eliminan los artefactos de la adquisición de datos de exploración.  
 25 Esta propiedad del módulo de filtrado aprovecha el hecho de que el casco de un buque puede dividirse en superficies planas y curvas continuas, de modo que las secciones correspondientes se forman regularmente a partir de los datos de exploración y se puede determinar un plano de referencia mediante un "algoritmo de ajuste óptimo" donde se encuentra un número máximo de puntos de datos de exploración. Este procedimiento de maximización de como resultado regularmente la superficie de referencia correspondiente a la superficie real. La superficie de  
 30 referencia puede ser descrita por ecuaciones lineales o por ecuaciones de orden superior. Con respecto a la superficie de referencia definida de esta manera, se puede determinar una distancia de tolerancia dentro de la cual se supone que un punto de datos de exploración pertenece a la superficie. Los puntos de datos de exploración que se encuentran fuera de esta distancia de tolerancia, es decir, que superan una cierta distancia a la superficie de referencia, se eliminan de los datos de exploración. El resultado de este procedimiento de filtrado es una descripción  
 35 de la superficie real del casco del buque, que sólo muestra aquellos puntos que se encuentran en la superficie del casco sin artefactos.

Según la invención se prevé que el módulo de planificación está diseñado para calcular un volumen que está limitado por la superficie objetivo y la geometría de la superficie del casco y el volumen se minimiza mediante el  
 40 desplazamiento virtual de la superficie objetivo. El procedimiento realizado por el robot de rectificado se basa en el hecho de que se aplica un compuesto de relleno a la superficie real y ésta es rectificadora por el robot de rectificado de tal manera que se crea una superficie lisa e hidrodinámicamente favorable. En la medida de lo posible, la masilla de relleno aplicado aquí debe reducirse al mínimo para reducir el consumo de masilla de relleno, por un lado, y mantener el esfuerzo de rectificado a un nivel bajo, por otro. El módulo de planificación desarrollado de esta manera  
 45 permite minimizar la masilla de relleno en un procedimiento de cálculo automatizado. Para este propósito se define una superficie objetivo, que está formada por la superficie de relleno finalmente rectificadora y esta superficie objetivo se posiciona a la superficie real del casco de tal manera que se crea un volumen mínimo entre la superficie objetivo y la superficie real.

50 También puede ser particularmente preferible que el módulo de planificación se adapte para definir la superficie objetivo en un procedimiento de planificación automatizado mediante la formación de vectores normales sobre la superficie objetivo y la superficie objetivo conformada de manera que todos los vectores normales apunten lejos del interior del buque delimitado por el casco y se forme una segunda derivada matemática de la superficie objetivo, que representa una medida de la curvatura de la superficie objetivo, y la superficie objetivo se forma de tal manera que la  
 55 segunda derivada matemática de la superficie objetivo caiga por debajo de un valor de curvatura máxima predeterminado en cada ubicación de la superficie objetivo y en cada dirección a lo largo de la superficie objetivo.

Al definir la superficie del objetivo con las dos condiciones de contorno definidas de esta manera, se asegura que la superficie objetivo muestre una orientación correcta y tenga un curso de curvatura uniforme, no demasiado fuerte. El  
 60 curso de curvatura se define por el valor de curvatura máxima predeterminado, que representa un radio mínimo de curvatura de la superficie objetivo sobre la base de la segunda derivada matemática. Se entiende que el valor máximo de curvatura o el radio mínimo de curvatura puede definirse para un buque en su conjunto o para las

secciones del casco de un buque a fin de cumplir los diferentes requisitos de las secciones del casco en toda la eslora y la altura del casco con este procedimiento de planificación.

Además, es preferible que el módulo de planificación esté diseñado para minimizar el volumen formando la superficie objetivo como la superficie envolvente de la superficie real y colocando la superficie objetivo a una distancia mínima predeterminada de la elevación más sobresaliente de la superficie real y/o colocando la superficie objetivo a ras con la elevación más sobresaliente de la superficie real. Se entiende por superficie envolvente una zona que se encuentra completa o al menos sustancialmente fuera de la zona definida por la superficie real, es decir, que está dispuesta en sentido contrario al interior del buque con respecto a la superficie del casco. La superficie objetivo, que está diseñada como una superficie envolvente, puede disponerse de tal manera que mantenga una distancia mínima predeterminada de cada punto de la superficie real, de modo que la masilla de relleno se aplique en todo el casco del buque al menos con un espesor mínimo que corresponda a esta distancia mínima. En otra realización, la superficie deseada también puede colocarse al ras con la elevación más prominente de la superficie real. Con esta optimización, la elevación que sobresale más hacia afuera de la superficie del casco del buque, que de otro modo sería esencialmente plana, se toma como punto de contacto para la superficie objetivo, de modo que, con la excepción de esta elevación, se lleva a cabo una aplicación con masilla en todas partes y, después de rectificar a la geometría de la superficie objetivo, también se mantiene una aplicación con masilla. Con este diseño, se puede conseguir una superficie rectificada del casco que cumpla los más altos requisitos sin necesidad de una gran cantidad de masilla de relleno.

Según una realización variable, se puede proporcionar además que el módulo de planificación esté diseñado para minimizar el volumen formando la superficie objetivo como una superficie envolvente de la superficie real que se cruza con la superficie real al menos en una posición de corte y desplazando la superficie objetivo hasta el punto en la dirección de la superficie real, en que la distancia entre la superficie real y la superficie objetivo en cada posición de corte cae por debajo de una distancia máxima predeterminada, y/o desplazando hasta tal punto en la dirección de la superficie real que el número de posiciones de corte cae por debajo de un número máximo predeterminado. Con este diseño, la superficie objetivo está dispuesta de tal manera que unas pocas áreas de la superficie real se cruzan con la superficie objetivo o pasan a través de ella. La medida en que la superficie real penetra en la superficie objetivo se limita definiendo y manteniendo una distancia máxima predeterminada de dichas porciones de superficie que se cruzan. Como alternativa o además de esta condición de contorno, el número de áreas de penetración de la superficie real también puede estar limitado por la superficie objetivo. Con estas condiciones de contorno se consigue que la superficie objetivo se diseñe esencialmente como la envolvente de la superficie real, es decir, que esté dispuesta fuera del casco del buque en relación con el interior del mismo. La distancia máxima predeterminada puede ser, por ejemplo, de uno, dos o más milímetros. El número máximo predeterminado de posiciones de corte puede, por ejemplo, tener una posición de corte, dos, tres, cinco, diez o más posiciones de corte.

Con esta formación avanzada del módulo de planificación, especialmente cuando la superficie real sobresale hacia el exterior sólo por unas pocas elevaciones o proyecciones, se consigue una reducción efectiva de la masilla de relleno y del esfuerzo de rectificado al no definir la posición de la superficie objetivo envolvente mediante estas proyecciones individuales. En su lugar, este enfoque acepta que algunas secciones de la superficie real sobresalen a través de la superficie objetivo y, por lo tanto, requieren un tratamiento específico durante el mecanizado.

Este tratamiento específico puede consistir, por un lado, en tolerar la prominencia de estas secciones superficiales, es decir, en aceptar cualquier irregularidad en la superficie presente después del rectificado, y en no aplicar ningún rectificado a las secciones que sobresalen de la superficie real. El tratamiento especial también puede consistir en rectificar las secciones que sobresalen de la superficie real mediante un tratamiento de rectificado y rectificarlas hasta que queden dentro de la superficie objetivo. Por último, el tratamiento especial también puede consistir en el hecho de que estas secciones de la superficie real son presionadas hacia adentro por una deformación y de esta manera se modifica la superficie real para evitar una proyección sobre la superficie objetivo hacia el exterior.

Según otro diseño preferido está previsto que el bastidor esté conectado a una plataforma que puede ser movida por medio de actuadores de plataforma y el módulo de control produzca datos de control para controlar los actuadores de plataforma, por medio de los cuales, después de procesar un primer conjunto de datos de control, la plataforma puede ser movida a una posición para procesar un segundo conjunto de datos de control. Además de los datos de control reales del robot de rectificado para el movimiento del propio cabezal de rectificado a lo largo del casco del buque, esta formación avanzada también proporciona datos de control de plataformas que controlan una plataforma móvil. El principio de trabajo del robot de rectificado es tal que la plataforma se desplaza a una primera posición predeterminada, desde la que se procesa un primer conjunto de datos de control, que guía el cabezal de rectificado a lo largo de una sección calculada de la superficie objetivo y produce la superficie objetivo por medio del rectificado. Después de procesar este primer conjunto de datos de control, la plataforma es guiada a una segunda posición por medio de los datos de control de la plataforma y el robot de rectificado es movido desde esta segunda posición por medio de un segundo conjunto de datos de control, de tal manera que el cabezal de rectificado es guiado a lo largo

de una segunda sección de la superficie objetivo. La segunda sección puede estar, preferentemente, adyacente a la primera sección y los datos de control para la plataforma y el robot de rectificado pueden calcularse de manera que se establezca una transición continua entre la primera y la segunda sección. Después de eso, la plataforma puede moverse a otra posición utilizando los datos de control de plataforma apropiados para procesar un tercer conjunto de datos de control y así sucesivamente.

En general, puede entenderse que el casco del buque está dividido virtualmente en varias secciones de superficie que son procesadas por los respectivos conjuntos de datos de control. Para ello puede ser decisivo que exista una superficie geoméricamente continua dentro de cada sección de superficie, de modo que las discontinuidades o líneas de discontinuidad en la geometría del casco del buque representen, preferentemente, el límite de una sección de superficie que se procesa por medio de un único conjunto de datos de control. Esta subdivisión y procedimiento puede formar la base de todas las realizaciones de la invención, para poder someter cascos de buque más grandes con diferentes secciones de superficie y discontinuidades a procesamientos de rectificado más limpios.

El robot de rectificado se puede desarrollar aún más por un módulo de perfil auxiliar que está diseñado para generar datos de perfil de un perfil de bastidor auxiliar a partir de los datos de exploración filtrados y de los datos de la superficie objetivo, describiendo dichos datos de perfil una geometría de un bastidor auxiliar correspondiente en un primer lado longitudinal al contorno del casco de buque a lo largo de una línea auxiliar predeterminada recta o curva y correspondiente en un segundo lado longitudinal opuesto al contorno de la superficie objetivo a lo largo de dicha línea auxiliar. El curso del espesor del perfil del bastidor auxiliar corresponde, por lo tanto, al curso del espesor de la capa de masilla a lo largo de la línea auxiliar predeterminada. Con este módulo de perfil auxiliar se calculan determinados contornos auxiliares longitudinales en forma de subestructura y se pueden prefabricar físicamente. Estos perfiles auxiliares pueden aplicarse a la superficie real, es decir, directamente al casco del buque, antes de aplicar la masilla, por ejemplo, pegándolos al casco. A continuación, representan una línea de contorno físico de la superficie objetivo y sirven como plantilla y como medida de control para la aplicación de la masilla y el procedimiento de rectificado posterior. Además, el posicionamiento del robot de rectificado se puede comprobar o aprender a partir de este perfil de bastidor auxiliar, por ejemplo, guiando el cabezal de rectificado a dos o tres puntos del perfil de bastidor auxiliar y, de este modo, haciendo referencia al posicionamiento del robot de rectificado con respecto a la superficie objetivo.

Otro aspecto de la invención es un procedimiento de rectificado de un casco de buque donde mover un cabezal de rectificado equipado con un abrasivo a lo largo del casco del buque en al menos dos direcciones mutuamente perpendiculares en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado mediante actuador significa conectar el cabezal de rectificado a un bastidor, y un procedimiento para aplicar un material a un casco de buque moviendo un cabezal de aplicación de material equipado con una unidad de aplicación de material a lo largo del casco del buque mediante un dispositivo actuador que conecta el cabezal de aplicación de material a un bastidor en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un espacio de mecanizado. Estos procedimientos se caracterizan por las etapas de exploración del casco del buque mediante un dispositivo de detección para generar un conjunto de datos de exploración digital que defina la geometría de la superficie del casco del buque, filtrado del conjunto de datos de exploración para eliminar los datos de exploración que se encuentran fuera del casco del buque en una etapa de filtrado electrónico y automatizado, para generar un conjunto de datos de exploración de filtro, generando un conjunto de datos de superficie objetivo, que define la superficie objetivo que envuelve el casco del buque, a partir del conjunto de datos de exploración de filtro en una etapa de planificación electrónica automatizada, la superficie objetivo se define dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de este tipo, donde cada conjunto de datos de superficie define una superficie libre de discontinuidades, generando un primer conjunto de datos de superficie de trabajo y otros conjuntos de datos de superficie de trabajo a partir del conjunto de datos de superficie objetivo; cada conjunto de datos de superficie de trabajo define una superficie menor o igual que el área de mecanizado, generando un primer conjunto de datos de control y otros conjuntos de datos de control a partir de los conjuntos de datos de la superficie de trabajo, moviendo el bastidor a una primera posición de partida y controlando el actuador mediante el primer conjunto de datos de control, y moviendo el bastidor a otra posición de partida y controlando el actuador mediante el segundo conjunto de datos de control. Este procedimiento permite el rectificado eficiente del casco de un buque en un modo de trabajo ampliamente automatizado y logra una mejor calidad de superficie y uniformidad de energía superficial en comparación con el estado actual de la técnica. En cuanto a las etapas que se llevan a cabo en este procedimiento de rectificado, se hace referencia al diseño correspondiente de los módulos individuales del robot de rectificado, que se han explicado en detalle anteriormente.

El procedimiento se puede desarrollar más porque en la etapa de filtrado se forma una superficie plana o una superficie de referencia de curvatura continua a partir del conjunto de datos de exploración donde se encuentra una pluralidad de puntos definidos por los datos de exploración del conjunto de datos de exploración, y eliminar del conjunto de datos de exploración dichos datos de exploración cuyos puntos que se encuentran fuera de una distancia de tolerancia predeterminada a la superficie de referencia.



El procedimiento según la invención permite controlar el dispositivo actuador mediante los conjuntos de datos de control adicionales y en la etapa de planificación se calcula un volumen que está limitado por la superficie objetivo y la geometría de la superficie del casco del buque, y el volumen se reduce al mínimo mediante el desplazamiento virtual de la superficie objetivo.

El procedimiento se puede desarrollar aún más si se define la superficie objetivo en un procedimiento de planificación automatizado mediante la formación de vectores normales sobre la superficie objetivo y la superficie objetivo conformada de manera que todos los vectores normales apunten lejos del interior del buque delimitado por el casco y se forma una segunda derivada matemática de la superficie objetivo, que representa una medida de la curvatura de la superficie objetivo, y la superficie objetivo se forma de tal manera que la segunda derivada matemática de la superficie objetivo caiga por debajo de un valor de curvatura máxima predeterminado en cada ubicación de la superficie objetivo y en cada dirección a lo largo de la superficie objetivo.

El procedimiento se puede desarrollar aún más si se minimiza el volumen formando la superficie objetivo como la superficie envolvente de la superficie real y colocando la superficie objetivo a una distancia mínima predeterminada de la elevación más sobresaliente de la superficie real y/o colocando la superficie objetivo a ras con la elevación más sobresaliente de la superficie real.

El procedimiento se puede desarrollar aún más si se minimiza el volumen formando la superficie objetivo como una superficie envolvente de la superficie real que se cruza con la superficie real al menos en una posición de corte y desplazando la superficie objetivo hasta el punto en la dirección de la superficie real, en que la distancia entre la superficie real y la superficie objetivo en cada posición de corte cae por debajo de una distancia máxima predeterminada, y/o desplazando hasta tal punto en la dirección de la superficie real que el número de posiciones de corte cae por debajo de un número máximo predeterminado.

El procedimiento se puede desarrollar aún más si, antes de definir la superficie objetivo, se mecaniza al menos una parte del casco que sobresale hacia el exterior para reducir la distancia a la que la parte se proyecta hacia el exterior, en particular mediante mecanizado o deformación, y al menos la parte mecanizada se vuelve a explorar posteriormente para determinar una superficie real.

El procedimiento se puede desarrollar aún más si a partir de los datos de planificación se generan datos de control de la plataforma para el control de los actuadores de plataforma, que sirven para mover una plataforma móvil a la que está fijado el bastidor y porque la plataforma se mueve a una segunda posición de plataforma, después del procesamiento de un primer conjunto de datos de control en una primera posición de plataforma, para un procesamiento de un segundo conjunto de datos de control.

El procedimiento puede desarrollarse aún más aplicando una masilla o material de relleno al casco del buque en un procedimiento automatizado previo al procedimiento de rectificado. Procedimiento de fabricación. Perfil auxiliar que se produce mediante datos de perfil generados a partir de los datos de exploración filtrados y de los datos de la superficie objetivo, donde los datos de perfil describen una geometría de un bastidor auxiliar que corresponde en un primer lado longitudinal al contorno del casco del buque a lo largo de una línea auxiliar recta o curva predeterminada y corresponde en un segundo lado longitudinal opuesto al contorno de la superficie objetivo a lo largo de esta línea auxiliar, más allá, un aspecto de la invención se basa en una unidad de control para un robot de rectificado para procesamiento de mecanizado automatizado del casco de un buque dentro de un área de mecanizado o para un dispositivo de aplicación de material para aplicación automatizada de un material al casco de un buque, comprendiendo un interfaz de entrada para leer datos de exploración del casco de un buque que describen la geometría de superficie del casco de un buque, un módulo de filtrado adaptado para eliminar datos de exploración, que se encuentran fuera del casco del buque, un módulo de planificación que está acoplado técnicamente por señales con el módulo de filtrado y está diseñado para definir a partir de los datos de exploración filtrados una superficie objetivo que envuelve el casco del buque sobre la base de los datos de superficie objetivo, definiéndose la superficie objetivo dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de manera que cada conjunto de datos de superficie defina un área libre de discontinuidades, un módulo de preparación del trabajo acoplado por señales y diseñado con el módulo de planificación, para generar una pluralidad de conjuntos de datos de la superficie de trabajo a partir de los datos nominales de la superficie de trabajo, definiendo cada conjunto de datos de la superficie de trabajo un área inferior o igual al área de mecanizado, y un módulo de control que esté acoplado por señales con el módulo de preparación del trabajo y que esté diseñado para generar un conjunto de datos de control para el dispositivo actuador a partir de cada conjunto de datos de la superficie de trabajo, así como una interfaz de salida para la salida de los conjuntos de datos de control a un dispositivo de control de un actuador para el movimiento automatizado de un cabezal de rectificado. Esta unidad de control puede ser un componente de un robot de rectificado o un dispositivo de aplicación de material o un componente de un dispositivo de planificación dispuesto periférica y descentralizadamente respecto al robot de

rectificado o al dispositivo de aplicación de material. Este dispositivo de planificación sirve para preparar y controlar un procedimiento de rectificado mediante un robot de rectificado o un procedimiento de aplicación de material mediante un dispositivo de aplicación de material. La unidad de control comprende los módulos que también se han explicado anteriormente en relación con el robot de rectificado y se hace referencia en este sentido a la descripción anterior.

La unidad de control puede ser entrenada de la misma manera que el robot de rectificado, entrenando el módulo de filtrado, el módulo de planificación, el módulo de preparación del trabajo y/o el módulo de control de la manera descrita anteriormente o implementando un módulo de perfil auxiliar.

Otro aspecto de la invención es un procedimiento para generar datos de control para un procedimiento de rectificado en el casco de un buque mediante un robot de rectificado para procesamiento de rectificado automatizado del casco de buque dentro de un área de mecanizado y un procedimiento para aplicar un material al casco de un buque moviendo un cabezal de aplicación de material equipado con una unidad de aplicación de material a lo largo del casco de buque mediante un dispositivo actuador que conecta la cabeza de aplicación de material a un bastidor en por lo menos dos direcciones mutuamente perpendiculares en relación al bastidor dentro de un área de mecanizado. Estos procedimientos se caracterizan por las etapas de lectura en un conjunto de datos de exploración con datos de exploración que definen la geometría de la superficie del casco del buque, filtrado del conjunto de datos de exploración para eliminar los datos de exploración que se encuentran fuera del casco del buque en una etapa de filtrado electrónico automatizado para generar un conjunto de datos de exploración de filtro, generación a partir del conjunto de datos de exploración de filtro de un conjunto de datos de superficie objetivo que define una superficie objetivo que envuelve al casco del buque en una etapa de planificación electrónica automatizada, donde la superficie objetivo se define dividiendo los datos de exploración de filtro a una pluralidad de conjuntos de datos de superficie tal que cada conjunto de datos de superficie define un área libre de discontinuidades, generación de un primer conjunto de datos de superficie de trabajo y otros conjuntos de datos de superficie de trabajo a partir del conjunto de datos de superficie objetivo, donde cada conjunto de datos del área de trabajo define un área que es menor o igual que el área de mecanizado, generación de un primer conjunto de datos de control y otros conjuntos de datos de control a partir de los conjuntos de datos del área de trabajo correspondientes, generación de los conjuntos de datos de control. El procedimiento así cubierto por la invención sirve para generar datos de control para un procedimiento de rectificado o un procedimiento de aplicación de material, el cual puede ser llevado a cabo como un procedimiento independiente precediendo a un procedimiento de rectificado o procedimiento de aplicación de material y, si es necesario, también puede ser llevado a cabo en una ubicación dispuesta periférica y descentralizadamente respecto al robot de rectificado o al dispositivo de aplicación de material.

El procedimiento de la invención para generar los datos de control puede desarrollarse más de la misma manera que las etapas previamente explicadas para generar los datos de control en el curso del procedimiento de rectificado y se hace referencia a esto.

El procedimiento de rectificado, el procedimiento de aplicación del material o el procedimiento de generación pueden desarrollarse más dividiendo el conjunto de datos de exploración en varios conjuntos de datos de exploración parcial, sometiendo los diversos conjuntos de datos de exploración parcial a un procesamiento paralelo, automatizado o manual y combinando los conjuntos de datos de exploración parcial en uno o más conjuntos de datos más grandes después de este procesamiento. Un problema fundamental en la ejecución de los trabajos de rectificado y alisado en los cascos de los buques es la gran variedad de características geométricas que pueden presentar los cascos de los buques. Esto significa que los datos de control de un robot de rectificado para algunos cascos de buques no pueden generarse completamente mediante un procedimiento automatizado, sino que la intervención manual o el procesamiento manual de datos por parte de un operador es necesario en una o varias etapas de este procedimiento. Esta etapa de procesamiento manual representa regularmente un cuello de botella en el tiempo. Por lo tanto, en estos casos es ventajoso que el procesamiento manual pueda ser realizado simultáneamente por varios operadores. Con este fin, un conjunto de datos de exploración o, alternativamente, otro conjunto de datos creado a partir del conjunto de datos de exploración mediante el procesamiento de datos, puede dividirse en varios conjuntos de datos pequeños, que después se procesan manualmente y después se combinan en uno o más conjuntos de datos más grandes. Debe entenderse que tanto el robot de rectificado de la invención como el dispositivo de control de la invención pueden ser diseñados para la subdivisión y la combinación de datos apropiadas para permitir dicho procesamiento de datos manual y eficiente en el tiempo.

Básicamente, el procedimiento de la invención para determinar la superficie real, para la predeterminación optimizada de la superficie objetivo y para la generación de datos de control a partir de ella puede ser utilizado no sólo para un procedimiento de rectificado o un procedimiento de aplicación de material, sino también en general para otros procedimientos de procesamiento de material para la aplicación o eliminación de material. Lo que estos procedimientos de procesamiento de material tienen en común es que un cabezal de procesamiento se mueve en al menos dos direcciones espaciales por medio de al menos dos actuadores y estos actuadores son controlados por

los datos de control correspondientes.

Otro aspecto de la invención es un dispositivo de aplicación de material para el casco de un buque, que comprende: un cabezal de aplicación de material equipado con una unidad de aplicación de material, que está fijado a una  
5 unidad de actuador que conecta el cabezal de aplicación de material a un bastidor y capaz de moverse en al menos dos direcciones mutuamente perpendiculares en relación al bastidor dentro de un área de mecanizado, estando dicha unidad de aplicación de material de la invención por una unidad de control electrónica, conectada por señales al actuador para controlar el movimiento del cabezal de aplicación de material a lo largo de las al menos dos direcciones, comprendiendo la unidad de control:

10

- una interfaz de entrada para leer los datos de exploración del casco del buque, que describen la geometría de la superficie del casco del buque,

15

- un módulo de filtrado diseñado para eliminar los datos de exploración de fuera del casco del buque,

- un módulo de planificación acoplado técnicamente por señales al módulo de filtrado y diseñado para definir, a partir de los datos de exploración filtrados, una superficie objetivo que envuelva el casco del buque sobre la base de los datos de superficie objetivo, definiéndose la superficie objetivo dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de tal forma que cada conjunto de datos de superficie defina una zona  
20 que esté libre de discontinuidades,

- un módulo de preparación de trabajo que está acoplado técnicamente por señales al módulo de planificación y diseñado para generar una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de trabajo a partir de los datos de superficie objetivo, definiendo cada conjunto de datos de superficie de trabajo una zona menor o igual al área de  
25 mecanizado, y

- un módulo de control, que está acoplado técnicamente por señales al módulo de preparación de trabajo y diseñado para crear un conjunto de datos de control para el dispositivo actuador a partir de cada conjunto de datos de superficie de trabajo, y  
30

- una interfaz de salida para la salida de dichos conjuntos de datos de control a dicho dispositivo actuador.

Según este aspecto de la invención, una aplicación de material, por ejemplo, una aplicación de masilla o material de relleno, es posible de forma automatizada de tal manera que el material se aplica al casco del buque en un espesor  
35 de material predeterminado y dependiente de la ubicación. Esto permite que el material se aplique de una manera predeterminada y precalculada a partir de la superficie real determinada, de tal manera que el material se extienda exactamente hasta la superficie objetivo precalculada o que una dimensión predeterminada se proyecte más allá o permanezca por debajo de esta superficie objetivo. Así, el espesor de la capa de material aplicada puede calcularse para cada punto del casco del buque con una resolución espacial de antemano y generarse de forma controlada a  
40 partir de los datos de cálculo.

El dispositivo de aplicación de material de la invención contiene medios que determinan de antemano cuánto material debe ser aplicado en cada punto del casco del buque para llenar la distancia entre la superficie real y la superficie objetivo. La unidad de aplicación de material puede ser, por ejemplo, un orificio o una boquilla conectada a  
45 un depósito de material por medio de una línea de suministro de material y que, por medio de un dispositivo de dosificación, por ejemplo, una válvula controlable, permite dosificar la cantidad de material en un punto del casco del buque. En este caso, los datos de control controlan no sólo el movimiento del cabezal de aplicación de material, sino también la cantidad de material saliente. Alternativamente, incluso con un suministro constante de material, la cantidad de material suministrado a un lugar en el casco del buque puede dosificarse controlando la velocidad de  
50 desplazamiento del cabezal de aplicación de material de diferentes maneras resueltas espacialmente por los actuadores. Una alta velocidad de desplazamiento se controla en las posiciones del casco que requieren una capa delgada de material, y una velocidad de desplazamiento más baja se controla en las posiciones del casco que requieren una capa gruesa de material.

55 El método de cálculo de la superficie objetivo deseada y optimizada y los dispositivos para ello corresponden básicamente a los dispositivos y al método utilizados para el robot de rectificado descrito anteriormente.

Básicamente, la invención dentro del alcance de esta divulgación se refiere no sólo a un robot de rectificado y a un dispositivo de aplicación de material sino también, en general, a dispositivos de tratamiento de superficie para la  
60 aplicación o extracción de material desde/hacia el casco de un buque, donde estos dispositivos de tratamiento de superficie tienen en común en cada caso que tienen un cabezal de trabajo que es movable, por medio de al menos dos actuadores fijados a un bastidor, en al menos dos direcciones espaciales de forma correspondiente y que tiene

los medios de trabajo correspondientes, tales como un abrasivo, una unidad de aplicación, una unidad de pulverización, una unidad de chorro, una unidad de recubrimiento, o similares.

Otro aspecto de la invención es un procedimiento de aplicación de un material al casco de un buque, donde

- 5
- un cabezal de aplicación de material equipado con una unidad de aplicación de material se desplaza a lo largo del casco del buque por medio de un dispositivo actuador que conecta el cabezal de aplicación de material a un bastidor en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado,
- 10 caracterizado por las etapas:
- Explorar el casco del buque mediante un dispositivo de detección para generar un conjunto de datos de exploración digital que defina la geometría de la superficie del casco del buque,
- 15 - Filtrar el conjunto de datos de exploración para eliminar de dichos datos de exploración los de fuera del casco en una etapa de filtrado electrónico y automatizado para generar un conjunto de datos de exploración de filtros
- Generar un conjunto de datos de superficie objetivo que define la superficie objetivo que envuelve el casco del buque a partir del conjunto de datos de exploración del filtro en una etapa de planificación electrónica automatizada,
- 20 donde la superficie objetivo se define dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de manera que cada conjunto de datos de superficie defina una zona que esté libre de discontinuidades,
- Generar un primer conjunto de datos de la superficie de trabajo y otros conjuntos de datos de la superficie de trabajo a partir del conjunto de datos de la superficie objetivo, donde cada conjunto de datos de la superficie de trabajo define una zona que es menor o igual al tiempo de mecanizado,
- 25
- Generar un primer conjunto de datos de control y otros conjuntos de datos de control a partir del conjunto de datos de la superficie de trabajo, donde cada conjunto de datos de la superficie de trabajo define una zona que es menor o
- 30 igual al periodo de mecanizado,
- Desplazar el bastidor a una primera posición inicial y
  - Controlar el dispositivo actuador mediante el primer conjunto de datos de control, y
- 35
- Desplazar el bastidor a otra posición inicial y
  - Controlar el dispositivo actuador mediante el otro conjunto de datos de control.
- 40 El procedimiento podrá desarrollarse más según las características del procedimiento descrito anteriormente para el rectificado del casco de un buque, en particular según las reivindicaciones 9-16

Una realización preferida del procedimiento según la invención se explica usando la figura adjunta.

- 45 La figura muestra un diagrama de flujo esquemático para un procedimiento de rectificado del casco de un buque según la invención.

El procedimiento que se muestra en la figura comienza con una etapa 10 de barrido de la superficie del casco del buque y generación de al menos un conjunto de datos de exploración, generalmente varios conjuntos de datos de exploración, que contienen los datos de barrido determinados aquí. Este barrido se realiza normalmente mediante un dispositivo de exploración, como un escáner láser, que es guiado sobre una sección del casco o sobre todo el casco. El resultado de este procedimiento de barrido son normalmente varios conjuntos de datos de exploración, donde una pluralidad de puntos de datos de exploración está contenida por coordenadas tridimensionales. Estos puntos de datos de exploración describen la superficie del casco del buque, pero en la práctica no están libres de artefactos y

50

55 requieren un procesamiento adicional para poder controlar un procedimiento de mecanizado.

Los conjuntos de datos de exploración así creados por el barrido se alimentan a un módulo de registro 100, que comprende un módulo de filtrado. Esta alimentación puede realizarse mediante la transmisión automática de datos desde el aparato de exploración, por ejemplo, mediante un cable de datos o una tecnología de transmisión inalámbrica. Del mismo modo, el conjunto de datos se puede cargar desde el aparato de exploración a una memoria intermedia y esta memoria intermedia se puede separar del aparato de exploración y conectarse al aparato de registro para transferir los conjuntos de datos de exploración.

60

- En el módulo de registro 100, la eliminación de los puntos de datos de exploración que describen objetos que se encuentran fuera del casco del buque se lleva a cabo primero en una etapa de procedimiento 110. La selección de los puntos de datos a borrar se realiza determinando un área o volumen parametrizado y vectorizado a partir del
- 5 número total de puntos de datos, donde se encuentra el número predominante de puntos de datos o que representa un promedio de todos los puntos de datos. El resultado de esta determinación de área son parámetros vectoriales que describen un área/volumen donde se encuentran la mayoría de los puntos de datos o del que la mayoría de los
- 10 puntos de datos están muy cerca. Preferentemente, los puntos de esquina del casco del buque pueden determinarse manual o automáticamente mediante un análisis de la superficie a partir de los puntos de datos (frontal superior, frontal inferior, trasero superior y trasero inferior) y puede calcularse un cuboide a partir de estos puntos de esquina y de una distancia de seguridad. Este cuboide contiene todos los puntos de datos de exploración del conjunto de datos de exploración que describen realmente un punto situado en el casco del buque. Se eliminan todos los puntos fuera de este cuboide. Esta etapa del procedimiento de registro se realiza por separado para cada conjunto de datos de exploración.
- 15 Alternativamente, en otra realización preferida, se puede determinar un área parametrizada y vectorizada a partir del número total de puntos de datos de exploración de un conjunto de datos de exploración, donde se encuentra el número predominante de puntos de datos de exploración o que representa un promedio de todos los puntos de datos de exploración de un conjunto de datos de exploración. El resultado de esta determinación de área son
- 20 parámetros vectoriales que describen un área donde se encuentran la mayoría de los puntos de datos de exploración o de la que la mayoría de los puntos de datos están muy cerca. Posteriormente, esos puntos de datos de exploración se determinan sobre la base de un criterio de distancia, que se encuentra a una distancia de esta zona descrita por los parámetros vectoriales, que se encuentra por encima de una distancia máxima predeterminada. Estos puntos de datos de exploración típicamente representan artefactos que describen objetos
- 25 distintos del casco del buque, tales como andamios en funcionamiento, superficies de suelo, soportes, caballetes o similares. Cuando proceda, podrán utilizarse otros criterios para eliminar los puntos de datos. Por ejemplo, en algunos casos es ventajoso tomar como condición adicional para la eliminación de un punto de datos que ningún punto de datos en un número predeterminado o más de un número predeterminado con la misma distancia a la superficie parametrizada se determine adyacente a este punto de datos.
- 30 Después de la etapa 110, se calcula una transformación (traslación y rotación) para un par de dos conjuntos de datos, cada uno en una etapa posterior 120. En esta transformación, el sistema de coordenadas de un conjunto de datos del par se transforma en el sistema de coordenadas del otro conjunto de datos del par y se genera un conjunto de datos de transformación combinado a partir de los dos conjuntos de datos de exploración. La transformación
- 35 remite todos los puntos de datos y puntos de referencia de un conjunto de datos de exploración al punto cero del otro conjunto de datos de exploración. Se realiza una transformación para cada emparejamiento de dos conjuntos de datos del gran número de conjuntos de datos, de modo que a partir de tres conjuntos de datos, por ejemplo, tres transformaciones, de cuatro conjuntos de datos seis transformaciones y, en general, a partir de n conjuntos de datos, cuyo coeficiente binomial  $n$  es mayor que  $2 = n!(2 \times n-2)!$  se pueden calcular las transformaciones.
- 40 Los puntos de referencia son puntos definidos físicamente en el casco, por ejemplo, marcas pegadas o esferas de reflexión. Estos puntos de referencia pueden ser puntos en el casco mismo o fuera del casco.
- Cada transformación realizada en la etapa 120 tiene un valor de error que es una medida del movimiento de los
- 45 puntos de referencia del conjunto de datos de transformación en relación con los puntos de referencia correspondientes del conjunto de datos de exploración no transformados causado por la suma de las distancias de la transformación. Después de calcular todas las transformaciones por pares en la etapa 120, se seleccionan las transformaciones con el valor de error más bajo comparando estos valores de error. Estos se aplican ahora a los conjuntos de datos de exploración respectivos en una etapa 130a, de modo que el número de conjuntos de datos de exploración se reduce a la mitad del número total de conjuntos de datos de transformación. Esta transformación se repite hasta que se obtiene un único conjunto de datos del casco con un sistema de coordenadas común a partir del gran número de conjuntos de datos de exploración. En una etapa 130b, este conjunto de datos del casco se alinea con el plano Y-Z
- 50
- 55 En una etapa posterior 140, el conjunto de datos del casco puede subdividirse en varios conjuntos de datos de partes del casco más pequeños y almacenarse de esta forma. Esta subdivisión no es necesaria en todas las realizaciones preferidas, pero puede llevarse a cabo especialmente para grandes cantidades de datos con el fin de acortar las etapas de procesamiento de datos posteriores mediante la realización de un procesamiento de datos paralelo. Este procesamiento de datos paralelo se puede dirigir tanto a las etapas de trabajo manuales que debe
- 60 realizar un operador como a las etapas de trabajo que se realizan automáticamente.

Este conjunto de datos de un casco, o estos conjuntos de datos de varias piezas del casco, pueden ahora editarse

manualmente en una etapa 20 con el objetivo de eliminar todos los puntos de datos del conjunto de datos (de piezas) del casco que no pertenezcan al casco del buque. Dependiendo de las condiciones prácticas del procedimiento de exploración y de la estructura de la superficie del casco, en la etapa 110 se pueden eliminar todos o sólo la mayoría de los puntos que representan secciones del casco que no se van a mecanizar o artefactos. En particular, si se requiere un posprocesamiento manual por parte de un operador, este procedimiento puede acelerarse dividiendo los puntos de datos en varios conjuntos de datos en la etapa 140 y permitiendo así el procesamiento paralelo por parte de varios operadores.

El casco de un buque puede contener varias discontinuidades como por ejemplo bordes o escalones. Estas discontinuidades no pueden ser descritas con suficiente precisión por "splines" como superficies NURBS, que deben generarse automáticamente según el diseño preferido para la descripción de la superficie. Por lo tanto, en la etapa 140, ya sea manualmente por el operador o automáticamente por detección automática de discontinuidades, el conjunto de todos los puntos de datos restantes del conjunto de datos del casco se divide en varios conjuntos de datos de superficie y se almacena, por lo que cada conjunto de datos de superficie describe una sección del casco sin discontinuidades.

Las siguientes etapas 210 a 230 se ejecutan ahora para cada uno de estos conjuntos de datos de superficie y los datos resultantes se combinan en un único conjunto de datos de salida en la etapa 240.

Los conjuntos de datos de superficie se pueden alimentar directamente a un módulo de tratamiento de superficie 200, que a su vez se puede realizar mediante la transmisión directa de datos con soporte de línea, la transmisión inalámbrica de datos o la transmisión de datos a través de un elemento de almacenamiento físico. El módulo de tratamiento de superficie 200 consta de un módulo de planificación y un módulo de preparación del trabajo.

En el módulo de superficie 200, los puntos de datos del conjunto de datos de superficie se suavizan y filtran en una sola etapa 210. Los puntos de datos todavía representan valores sin procesar del procedimiento de exploración hasta este momento y pueden contener ciertos artefactos de exploración del procedimiento de exploración. Estos artefactos de exploración del procedimiento de exploración pueden generarse, por ejemplo, por partículas de polvo o diferentes propiedades de reflexión de las superficies del casco durante el procedimiento de exploración y, por lo tanto, se eliminan en un procedimiento de filtrado automatizado o se eliminan en un procedimiento de suavizado. El filtrado se basa, preferentemente, en la detección estadística de valores atípicos, que elimina los puntos que estadísticamente no pertenecen a la nube de puntos. El suavizado se basa en un procedimiento de atracción donde los puntos vecinos atraen otros puntos en una cuasi-gravedad de aproximación mutua virtual y, por lo tanto, se consigue un suavizado en el conjunto de todos los puntos de datos.

En una sola etapa 220 se generan B-splines racionales no uniformes (NURBS) a partir de los conjuntos de datos de superficie suavizados y filtrados. NURBS define matemáticamente las superficies que tienen una curvatura, de modo que se genera una descripción estandarizada de la superficie que se va a mecanizar utilizando parámetros matemáticos de superficie.

En la definición matemática de las superficies, se realiza una definición de la superficie objetivo con un desplazamiento desde la superficie real del casco del buque hacia el exterior, determinado por el barrido y el procesamiento de datos. Este desplazamiento tiene lugar bajo la condición de que ninguna porción del área de la superficie real puede quedar fuera de la superficie objetivo, es decir, la superficie objetivo tiene una distancia mínima a la superficie real determinada en cada punto y la superficie real se encuentra entre el interior del casco del buque y la superficie objetivo. Al mismo tiempo, otro criterio para el cálculo de la superficie objetivo es que quede el menor volumen posible entre la superficie real y la superficie objetivo. Este volumen entre la superficie real y la superficie objetivo corresponde al volumen mínimo de masilla a utilizar. La superficie objetivo también debe tener una curvatura lo más uniforme posible para que la superficie final del buque tenga una propiedad de reflexión estética. Para obtener una superficie NURBS que tenga estas propiedades, los puntos de control de la superficie NURBS se mueven en consecuencia desde una superficie NURBS inicial desde la etapa 220, ahora en la etapa 230. El movimiento se produce exclusivamente a lo largo del vector normal de la superficie real y en cantidades tales que no se excede un valor máximo predeterminado para un cambio en la curvatura, por ejemplo, definido como la diferencia en el valor de la curvatura entre dos puntos de superficie, dividido por la distancia entre los dos puntos.

Como opción, se pueden configurar puntos de control para controlar el robot durante su ajuste y para controlar el robot durante el mecanizado del casco por parte del robot.

Después del ajuste de los puntos de control, en una etapa posterior 240 se realiza la salida de la superficie calculada de esta manera y se realiza una representación del contorno del volumen, a partir de la cual se puede ver en qué punto en el ajuste de la superficie objetivo y la superficie real se requiere el espesor de la masilla. Este resultado de la representación de la superficie y del contorno del volumen permite al usuario comprobar la masa de masilla y el

espesor de masilla determinados en el procedimiento de cálculo automatizado. Los formatos estándar de la industria como IGES, STEP o PHIGS se pueden utilizar para guardar la descripción matemática de la superficie en forma estandarizada.

- 5 En una etapa posterior 250, se calculan datos de geometría para líneas auxiliares a partir de la representación del contorno del volumen. Estas líneas auxiliares se producen como bandas físicas con un perfil de espesor contorneado a partir de los datos geométricos de las líneas auxiliares. Las líneas auxiliares se pegan al casco del buque a lo largo de una línea predeterminada que corresponde al perfil a lo largo de esta línea auxiliar y, por lo tanto, representan una referencia y un control físico del procedimiento de rectificado y se pueden utilizar para el ajuste del
- 10 robot de rectificado. Los conjuntos de datos de la sección del casco se subdividen posteriormente en conjuntos de datos de mecanizado que describen una sección del casco que tiene un tamaño correspondiente al área de mecanizado de un robot de rectificado. A partir de estos conjuntos de datos de mecanizado, se crean los datos de control para el procedimiento de rectificado, con los que se controla el robot de rectificado para generar la superficie objetivo a partir de la superficie alisada. Si es necesario, se pueden generar conjuntos de datos de control de masilla
- 15 correspondientes alternativos o adicionales a partir de los conjuntos de datos de procesamiento si la aplicación de masilla va a automatizarse para controlar la configuración de una aplicación de masilla.

Después de la etapa 250, se completan las etapas de cálculo necesarias para el rectificado del casco del buque y, si es necesario, para la aplicación de una masilla, y se generan los conjuntos de datos necesarios. En una etapa

20 posterior 30, estas superficies objetivo, el volumen de masilla y las líneas auxiliares pueden ser comprobadas por un usuario. Si esta comprobación muestra que la superficie objetivo no corresponde a una geometría deseada, practicable y eficiente del casco del buque, o si se genera un procesamiento antieconómico del casco del buque durante el procedimiento de rectificado, el usuario puede definir un bucle

40 para que el procedimiento de cálculo se lleve a cabo de nuevo después de una determinada etapa de cálculo y, por ejemplo, realizar especificaciones del

25 objetivo, definir parámetros de contorno o valores límite de forma diferente con el fin de optimizar el resultado.

Si la comprobación por parte del usuario ha dado como resultado un resultado deseado de la superficie objetivo y una operación de rectificado practicable, se lleva a cabo una simulación numérica del procedimiento de rectificado para comprobar las etapas de procesamiento reales y evitar colisiones mediante una simulación de la etapa 50. A

30 partir de esta etapa de simulación, los parámetros de mecanizado se transfieren al robot de rectificado para que éste pueda llevar a cabo automáticamente el procedimiento de rectificado en el casco del buque en una sola etapa 60, procesando los datos de mecanizado.

### Lista de referencias

- 35 10 Lectura de los datos de exploración
- 20 Posprocesamiento manual de todos los conjuntos de datos (para eliminar todos los puntos fuera del casco)
- 40 30 Control
- 40 Posibilidad de volver a las etapas de cálculo anteriores y volver a ejecutar los procedimientos de cálculo después de cambiar las especificaciones de cálculo
- 45 50 Simulación y preparación
- 60 Flujo de trabajo
- 130b Alineación en el plano Y-Z
- 50 140 Subdivisión y almacenamiento en conjuntos de datos de piezas del casco más pequeños
- 110 Eliminación de los puntos de datos de exploración fuera del casco del buque
- 55 120 Cálculo de la transformación utilizando puntos de referencia
- 130a Alineación con un marco común
- 100a para cada par de conjuntos de datos
- 60 240 Salida de una representación del contorno del volumen (ajuste de las superficies objetivo y real)

## ES 2 757 510 T3

- 250 Salida de datos de geometría para líneas auxiliares
- 210 Alisado y filtrado de los puntos de datos de los conjuntos de datos de superficie
- 5 210a para cada área curva
- 220 Generación de NURBS
- 230 Ajuste de los puntos de control de la superficie NURBS
- 10 100 Módulo de registro
- 200 Módulo de superficie
- 15 1 Usuario



**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de tratamiento de superficie para el casco de un buque, que comprende:
- 5 un cabezal de trabajo equipado con una unidad de aplicación, cabezal de trabajo que está fijado a un dispositivo actuador que conecta el cabezal de trabajo a un bastidor y puede moverse en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado,
- 10 caracterizado por una unidad de control electrónica que está conectada técnicamente por señales a dicho dispositivo actuador para controlar el movimiento de dicho cabezal de trabajo a lo largo de dichas al menos dos direcciones, comprendiendo la unidad de control:
- una interfaz de entrada para leer los datos de exploración del casco del buque, que describen la geometría de la
- 15 superficie del casco del buque,
- un módulo de filtrado diseñado para eliminar los datos de exploración de fuera del casco del buque,
  - un módulo de planificación acoplado técnicamente por señales al módulo de filtrado y diseñado para definir, a partir
- 20 de los datos de exploración filtrados, una superficie objetivo que envuelva el casco del buque sobre la base de los datos de superficie objetivo, definiéndose la superficie objetivo dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de tal forma que cada conjunto de datos de superficie defina una zona que esté libre de discontinuidades,
- 25 - un módulo de preparación de trabajo que está acoplado técnicamente por señales al módulo de planificación y diseñado para generar una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de trabajo a partir de los datos de superficie objetivo, definiendo cada conjunto de datos de superficie de trabajo una zona menor o igual a las 2 áreas de mecanizado, y
- 30 - un módulo de control, que está acoplado técnicamente por señales al módulo de preparación de trabajo y diseñado para crear un conjunto de datos de control para el dispositivo actuador a partir de cada conjunto de datos de superficie de trabajo, y
- una interfaz de salida para la salida de dichos conjuntos de datos de control a dicho dispositivo actuador, y
- 35 el módulo de planificación está diseñado para calcular un volumen que está limitado por la superficie objetivo y la geometría de la superficie del casco y el volumen se minimiza mediante el desplazamiento virtual de la superficie objetivo.
- 40 2. Aparato de tratamiento de superficie según la reivindicación 1,
- caracterizado porque el módulo de filtrado está diseñado para formar, a partir de los datos de exploración, una superficie de referencia plana o una superficie de referencia de curvatura continua donde se encuentran una
- 45 de exploración que se encuentran fuera de una distancia de tolerancia predeterminada de la superficie de referencia.
3. Aparato de tratamiento de superficie según la reivindicación 1,
- caracterizado porque el módulo de planificación está diseñado para definir la superficie objetivo en un procedimiento
- 50 de planificación automatizado, donde:
- se forman vectores normales que se encuentran en la superficie objetivo y la superficie objetivo se forma de tal manera que todos los vectores normales apunten lejos del área interior del buque limitada por el casco del buque, y
- 55 - se forma una segunda derivada matemática de dicha superficie objetivo, y dicha superficie objetivo está formada de tal forma que dicha segunda derivada matemática de dicha superficie objetivo cae por debajo de un valor de curvatura máxima predeterminado en cada ubicación de dicha superficie objetivo y en cada dirección a lo largo de dicha superficie objetivo.
- 60 4. Aparato de tratamiento de superficie según la reivindicación 1 o 3,
- caracterizado porque el módulo de planificación está diseñado para minimizar el volumen, donde:

La superficie objetivo se forma como una superficie envolvente de la superficie real, y

5 La superficie objetivo se coloca a una distancia mínima predeterminada de la elevación más sobresaliente de la superficie real, y/o

La superficie objetivo se coloca a ras con la elevación más sobresaliente de la superficie real.

10 5. Aparato de tratamiento de superficie según la reivindicación 1 o 3, caracterizado porque el módulo de planificación está diseñado para minimizar el volumen, donde:

15 La superficie objetivo se forma como una superficie envolvente de la superficie real que se cruza con la superficie real al menos en una posición de corte, y

La superficie objetivo se desplaza en la dirección de la superficie real de forma que la distancia entre la superficie real y la superficie objetivo descienda por debajo de una distancia máxima predeterminada en cada posición de corte, y/o

20 La superficie objetivo se desplaza hasta tal punto en la dirección de la superficie real que el número de posiciones de corte cae por debajo de un número máximo predeterminado.

25 6. Aparato de tratamiento de superficie según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el bastidor está conectado a una plataforma que puede ser movida por medio de actuadores de plataforma y el módulo de control produce datos de control para controlar los actuadores de plataforma, por medio de los cuales, después de procesar un primer conjunto de datos de control, la plataforma puede ser movida a una posición para procesar un segundo conjunto de datos de control.

30 7. Aparato de tratamiento de superficie según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un módulo de perfil auxiliar que está diseñado para generar datos de perfil de un perfil de bastidor auxiliar a partir de los datos de exploración filtrados y de los datos de la superficie objetivo, describiendo dichos datos de perfil una geometría de un bastidor auxiliar correspondiente en un primer lado longitudinal al contorno del casco de buque a lo largo de una línea auxiliar predeterminada recta o curva y correspondiente en un segundo lado longitudinal opuesto al contorno de la superficie objetivo a lo largo de dicha línea auxiliar.

35 8. Procedimiento para el tratamiento de superficie del casco de un buque, donde un cabezal de trabajo equipado con una unidad de aplicación se desplaza a lo largo del casco del buque por medio de un dispositivo actuador que conecta el cabezal de trabajo a un bastidor en al menos dos direcciones perpendiculares entre sí en relación con el bastidor dentro de un área de mecanizado,

caracterizado por las etapas:

40 45 Explorar el casco del buque mediante un dispositivo de detección para generar un conjunto de datos de exploración digital que defina la geometría de la superficie del casco del buque,

50 Filtrar el conjunto de datos de exploración para eliminar de dichos datos de exploración los de fuera del casco en una etapa de filtrado electrónico y automatizado para generar un conjunto de datos de exploración de filtros

55 Generar un conjunto de datos de superficie objetivo que define la superficie objetivo que envuelve el casco del buque a partir del conjunto de datos de exploración del filtro en una etapa de planificación electrónica automatizada, donde la superficie objetivo se define dividiendo los datos de exploración filtrados en una pluralidad de conjuntos de datos de superficie de manera que cada conjunto de datos de superficie defina una zona que esté libre de discontinuidades,

60 Generar un primer conjunto de datos de la superficie de trabajo y otros conjuntos de datos de la superficie de trabajo a partir del conjunto de datos de la superficie objetivo, donde cada conjunto de datos de la superficie de trabajo define una zona que es menor o igual al área de mecanizado,

Generar un primer conjunto de datos de control y otros conjuntos de datos de control a partir de los conjuntos de

datos de la superficie de trabajo, desplazar el bastidor a una primera posición inicial, y

Controlar el dispositivo actuador mediante el primer conjunto de datos de control, y

5 Desplazar el bastidor a otra posición inicial y

Controlar el dispositivo actuador mediante los conjuntos de datos de control adicionales y en la etapa de planificación se calcula un volumen que está limitado por la superficie objetivo y la geometría de la superficie del casco del buque, y el volumen se reduce al mínimo mediante el desplazamiento virtual de la superficie objetivo.

10

9. Procedimiento según la reivindicación 8,

caracterizado porque en la etapa de filtrado se forma una superficie plana o una superficie de referencia de curvatura continua a partir del conjunto de datos de exploración donde se encuentra una pluralidad de puntos definidos por los datos de exploración del conjunto de datos de exploración, y eliminar del conjunto de datos de exploración dichos datos de exploración cuyos puntos que se encuentran fuera de una distancia de tolerancia predeterminada a la superficie de referencia.

15

10. Procedimiento según la reivindicación 9,

20

caracterizado porque, en la etapa de planificación, la superficie objetivo se define en un procedimiento de planificación automatizado, donde:

- se forman vectores normales que se encuentran en la superficie objetivo y la superficie objetivo se forma de tal manera que todos los vectores normales apunten lejos del área interior del buque limitada por el casco del buque, y

25

- se forma una segunda derivada matemática de dicha superficie objetivo, y dicha superficie objetivo está formada de tal forma que dicha segunda derivada matemática de dicha superficie objetivo cae por debajo de un valor de curvatura máxima predeterminado en cada ubicación de dicha superficie objetivo y en cada dirección a lo largo de dicha superficie objetivo.

30

11. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10,

caracterizado porque el volumen es minimizado, donde:

35

- La superficie objetivo se forma como una superficie envolvente de la superficie real, y

- La superficie objetivo se coloca a una distancia mínima predeterminada de la elevación más sobresaliente de la superficie real, y/o

40

- La superficie objetivo se coloca a ras con la elevación más sobresaliente de la superficie real.

12. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10,

45 caracterizado porque el volumen es minimizado, donde:

- La superficie objetivo se forma como una superficie envolvente de la superficie real que se cruza con la superficie real al menos en una posición de corte, y

- La superficie objetivo se desplaza en la dirección de la superficie real de forma que la distancia entre la superficie real y la superficie objetivo descienda por debajo de una distancia máxima predeterminada en cada posición de corte, y/o

50

- La superficie objetivo se desplaza hasta tal punto en la dirección de la superficie real que el número de posiciones de corte cae por debajo de un número máximo predeterminado.

55

13. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10,

caracterizado porque antes de definir la superficie objetivo, se mecaniza al menos una parte del casco que sobresale hacia el exterior para reducir la distancia a la que la parte se proyecta hacia el exterior, en particular mediante mecanizado o deformación, y al menos la parte mecanizada se vuelve a explorar posteriormente para determinar una superficie real.

60

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 8-13,

5 caracterizado porque a partir de los datos de planificación se generan datos de control de la plataforma para el control de los actuadores de plataforma, que sirven para mover una plataforma móvil a la que está fijado el bastidor y porque la plataforma se mueve a una segunda posición de plataforma, después del procesamiento de un primer conjunto de datos de control en una primera posición de plataforma, para un procesamiento de un segundo conjunto de datos de control.

10 15. Procedimiento según uno de las anteriores 8-14, caracterizado porque

- se aplica una masilla o material de relleno en el casco de buque antes de rectificado,

15 - en un procedimiento de fabricación automatizado, se produce un perfil auxiliar que se produce con ayuda de los datos de perfil generados a partir de los datos de exploración filtrados y de los datos de la superficie objetivo, describiendo dichos datos de perfil una geometría de un bastidor auxiliar correspondiente en un primer lado longitudinal al contorno del casco de buque a lo largo de una línea auxiliar predeterminada recta o curva y correspondiente en un segundo lado longitudinal opuesto al contorno de la superficie objetivo a lo largo de dicha línea auxiliar.

20 - el perfil auxiliar se fija al casco del buque a lo largo de la línea predeterminada antes de la aplicación de la masilla o material de relleno.

