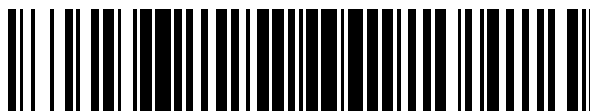


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 998**

51 Int. Cl.:

B23Q 15/22 (2006.01)

B23Q 17/22 (2006.01)

G05B 19/401 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

G05B 15/02 (2006.01)

G05B 19/402 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2014 PCT/EP2014/002895**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15062717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2014 E 14790516 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3062959**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento**

30 Prioridad:

30.10.2013 DE 102013018654

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

18.03.2020

73 Titular/es:

**JENOPTIK AUTOMATISIERUNGSTECHNIK GMBH
(100.0%)
Konrad-Zuse-Strasse 6
07745 Jena , DE**

72 Inventor/es:

**VOGT, STEFAN;
DÖRING, THOMAS;
GEIPEL, PIERRE y
MICHEL-TRILLER, ROBERT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 748 998 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento

5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento.

10 Se conocen distintos procedimientos para corregir la ubicación de las piezas de trabajo a mecanizar. Por ejemplo, el documento DE 101 39 081 A1 describe un procedimiento para ajustar la ubicación de una herramienta mediante un dispositivo de accionamiento. Para lograr una corrección de las desviaciones entre un valor instantáneo de ubicación y un valor real de ubicación de una herramienta, que no coinciden realmente retardante con un valor objetivo de ubicación excitado debido a los tiempos de cálculo requeridos de un dispositivo de control y otros procesos de acción, el ajuste de la ubicación de la herramienta se realiza exclusivamente mediante la evaluación de datos de se proporcionan por un dispositivo sensor.

15 El documento DE 10 2009 026 484 A1 se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para mecanizar piezas de trabajo. En este caso, el planteamiento del objetivo del documento DE 10 2009 026 484 A1 se basa en la problemática de que, en particular, los dispositivos más grandes (dispositivos de mecanizado) como tornos o fresadoras primero deben alcanzar una cierta temperatura de funcionamiento, para que las rutas de aproximación y ubicaciones relativas previstas en el lado de la construcción coincidan exactamente. Para ello, está previsto para detectar una diferencia entre las posiciones de consigna y reales por medio de un sensor. A este respecto, el sensor se puede colocar en un dispositivo de sujeción o en un cabezal de mecanizado. La distancia real se detecta entre el dispositivo de sujeción y el cabezal de mecanizado y se compara con una distancia de consigna. En función de la diferencia formada entre la distancia real y de consigna, a continuación es posible un control del mecanizado de la pieza de trabajo.

25 La revelación del documento DE 10 2011 006 447 A1 se refiere ahora a un procedimiento para mecanizar piezas de trabajo iguales constructivamente por medio de un dispositivo, en el que se guían las herramientas de mecanizado a lo largo de trayectorias de herramienta reales. Estas trayectorias de herramienta reales se basan en las trayectorias de herramienta de consigna conocidas, que a su vez representan las trayectorias de herramienta esperadas. Durante un mecanizado realizado de la pieza de trabajo, los valores de distancia entre la trayectoria de herramienta de consigna y la pieza de trabajo se miden continuamente por medio de un sensor. Mediante estos valores de distancia se determina una trayectoria de herramienta real de la herramienta y se constata su desviación de trayectoria respecto a la trayectoria de herramienta de consigna. La desviación de trayectoria se determina y verifica si esta se sitúa dentro de los valores de tolerancia permitidos. La trayectoria de herramienta de consigna se corrige mediante los valores de distancia y eventualmente la trayectoria de herramienta de consigna corregida se utiliza como base para el control de la herramienta para piezas de trabajo mecanizadas a continuación. En principio, en un procedimiento según el documento DE 10 2011 006 447 A1 se parte de que la pieza de trabajo se sitúa en la posición correcta y que la pieza de trabajo presenta como máximo las tolerancias condicionadas por la producción. No se determina una ubicación espacial real de la pieza de trabajo.

35 Como estado de la técnica más cercano se debe mencionar la solicitud no publicada hasta la fecha DE 10 2012 109 245 de la solicitante, en la que se describe un procedimiento y un dispositivo para mecanizar piezas de trabajo no simétricas en rotación por medio de radiación láser. El dispositivo dado a conocer comprende un dispositivo de aproximación para aproximar las piezas de trabajo a una primera posición de mecanizado y con un dispositivo de mecanizado que presenta al menos un cabezal de mecanizado para mecanizar una pieza de trabajo aproximada a la primera posición de mecanizado. El dispositivo de aproximación es un robot de agarre con un dispositivo de agarre. En su área de acceso está dispuesto un dispositivo de suministro con soportes, cuyo diseño y dimensionamiento está seleccionado de modo que se proporciona al menos una pieza de trabajo sostenida en los soportes con una orientación y posición espacial definida del dispositivo de aproximación para la toma de los soportes. Además, al menos un dispositivo de sujeción está dispuesto para recibir una pieza de trabajo aproximada por el dispositivo de aproximación, en donde cada dispositivo de sujeción define respectivamente una posición de mecanizado. El dispositivo de sujeción y dispositivo de aproximación también se pueden considerar como un dispositivo de posicionamiento, ya que la pieza de trabajo se posiciona por la interacción de ambos. El cabezal de mecanizado se puede aproximar a cualquier posición de mecanizado para mecanizar la pieza de trabajo.

50 Asimismo, el documento US 5,274,566 describe un procedimiento para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento.

55 La solución dada a conocer en el documento DE 10 2012 109 245 anteriormente mencionado asegura que las piezas de trabajo del dispositivo de mecanizado se aproximen (posicionen) teóricamente a una ubicación y posición espacial exacta. El dispositivo de mecanizado comienza el mecanizado con contornos programados de antemano, que mecaniza el rayo láser en la pieza de trabajo.

El requisito previo para el funcionamiento de esta solución del documento DE 10 2012 109 245 es la presencia de piezas de trabajo dentro de un rango de tolerancia predeterminado. En particular, para el mecanizado de piezas de trabajo curvadas es indispensable que estas no excedan las tolerancias predefinidas en sus dimensiones geométricas.

Las piezas de trabajo y el cabezal de mecanizado se aproximan a las posiciones de mecanizado con una tolerancia de menos de 0,1 mm.

En la práctica industrial no se puede garantizarse que los rangos de tolerancia de las piezas de trabajo se puedan mantener tan bajos que se respeten los valores de tolerancia muy bajos en la aproximación de las piezas de trabajo y del cabezal de mecanizado a una posición de mecanizado. Las fuentes de error para las desviaciones dimensionales son ante todo los radios de curvatura de las piezas de trabajo. Tales piezas de trabajo se fabrican a menudo doblando un producto semiacabado, por ejemplo una tubería. Las tensiones del material generadas a este respecto en la pieza de trabajo pueden conducir, por ejemplo, en interacción con los efectos de la temperatura ambiente en el material, a una deformación impredecible de la pieza de trabajo. Incluso pequeñas desviaciones, por ejemplo en los radios de curvatura, conducen a desplazamientos de ubicación locales de la pieza de trabajo, que empeoran significativamente o impiden por completo el resultado del mecanizado. Otro problema es el peligro de una colisión entre el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo, por lo que el dispositivo de mecanizado se puede desajustar o incluso destruir.

Sin embargo, una medición compleja de cada pieza de trabajo ralentizaría considerablemente el proceso de producción. Por lo tanto, se busca una solución que evite una colisión, mejore la calidad del mecanizado y se pueda integrar en el proceso de mecanizado. Además, se debe controlar posteriormente si el proceso de mecanizado se ha completado con éxito.

Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proponer otra posibilidad por medio de la que se pueda determinar y corregir si es necesario una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida y posicionada en un dispositivo de posicionamiento.

El objetivo se logra en un procedimiento para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento, que comprende las siguientes etapas A a G:

A: posicionar la pieza de trabajo en el dispositivo de posicionamiento,

B: alimentar un cabezal de mecanizado, que presenta al menos un sensor para la medición de distancia y medios de detección de posición para detectar la posición actual del cabezal de mecanizado, respecto a al menos una posición de medición,

C: detectar sin contacto una posición real respectivamente de al menos un punto de medición de la pieza de trabajo posicionada en al menos dos posiciones de medición utilizando el cabezal de mecanizado, en donde los al menos dos puntos de medición se sitúan en un eje de medición virtual, que discurre sobre una superficie de la pieza de trabajo, y una posición angular del eje de medición virtual con respecto a un eje de referencia virtual se determina a partir de las posiciones reales detectadas,

D: comparar la posición real detectada con una posición de consigna esperada y constatar los valores de desviación entre la posición real y la posición de consigna,

E: comparar los valores de desviación constatados con un valor de tolerancia permitido, en donde las desviaciones constatadas son las desviaciones de los valores de distancia entre la posición real y la posición de consigna y la posición angular,

F: aproximar el cabezal de mecanizado a un contorno, a lo largo del que la pieza de trabajo se debe mecanizar por el cabezal de mecanizado, cuando la desviación constatada se sitúa dentro del valor de tolerancia permitido, u

G: orientar el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo entre sí y respecto al contorno, de manera que una desviación de la posición real después de la orientación se sitúa dentro de los valores de tolerancia permitidos.

El núcleo de la invención es detectar una ubicación espacial de la pieza de trabajo ya antes del inicio de un mecanizado de la pieza de trabajo. El conocimiento de una ubicación espacial, como ubicación tridimensional, individual para una pieza de trabajo correspondiente permite, por ejemplo, un desarrollo más eficiente de los procesos de mecanizado, ya que ya se puede predecir una trayectoria a lo largo de la que se debe mover el cabezal de mecanizado durante el proceso de mecanizado y se puede reducir el número de mediciones de control.

Como piezas de trabajo se entienden generalmente en esta descripción, los materiales a mecanizar, por ejemplo, materias primas como chapas, tubos o perfiles, así como productos semiacabados y productos terminados.

Una posición de medición es una ubicación espacial del cabezal de mecanizado, desde la que se puede detectar una pieza de trabajo. La posición de medición se alcanza cuando el cabezal de mecanizado está, como máximo, tan alejado de la pieza de trabajo que se puede detectar una distancia entre el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo en el marco de las tolerancias condicionados por el sensor.

Los medios para detectar la ubicación espacial (medios de detección de posición) son, por ejemplo, sensores mediante los que se detecta una orientación instantánea del cabezal de mecanizado. Así los movimientos de aproximación llevados a cabo y almacenados del cabezal de mecanizado pueden servir para determinar una ubicación espacial

actual (posición actual) del cabezal de mecanizado. También se puede detectar una ubicación espacial mediante los sensores, por medio de los que se detecta o calcula una ubicación relativa del cabezal de mecanizado respecto al sensor o los sensores.

5 La pieza de trabajo se mecaniza a lo largo del contorno preferentemente por remoción de material, por ejemplo, por ablación, corte, fresado o taladrado, mediante cambio del material, por ejemplo, por endurecimiento u otros cambios en la microestructura o provocando una recristalización del material de la pieza de trabajo o por soldadura o pegado. Se pueden utilizar medios de mecanizado de acción mecánica como fresas, taladros, sierras o abrasivos para el mecanizado. Pero, preferentemente, se lleva a cabo un mecanizado por medio de radiación electromagnética de alta energía, preferentemente por medio de radiación láser. En un caso sencillo, el contorno se puede situar en un plano (plano de mecanizado), a lo largo del que se mecaniza la pieza de trabajo o una parte de la pieza de trabajo, por ejemplo, se corta. A este respecto, por ejemplo, el cabezal de mecanizado se guía en un plano alrededor de la pieza de trabajo y esta se separa a lo largo de una línea barrida por el cabezal de mecanizado. El contorno también puede estar configurado de forma compleja y presentar, por ejemplo, omisiones e incluir arcos u otras formas. Por ejemplo, un mecanizado de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento se puede realizar a lo largo de las líneas de mecanizado (contorno) de la pieza de trabajo.

20 Como procedimientos de medición sin contacto pueden usarse preferentemente procedimientos capacitivos, ópticos e inductivos. Mediante estos procedimientos de medición y mediante el mecanizado específico de la señal de medición se mide la distancia entre la superficie de la pieza de trabajo y el cabezal de mecanizado. Simplificando aquí se habla de una distancia entre el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo, aunque, por supuesto, se detecta una distancia entre un sensor del cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo. En función de los resultados de la medición, se posibilita una regulación siguiente de la distancia entre la pieza de trabajo y el cabezal de mecanizado. A un sensor usado para llevar a cabo un procedimiento de medición se le asigna en cada caso una sección de medición específica al sensor. Las mediciones de distancias dentro de la sección de medición producen valores de medición fiables. Si, por ejemplo, un sensor está diseñado para mediciones de distancia de distancias de hasta como máximo 20 mm, su sección de medición es de 20 mm.

La orientación del cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo entre sí y respecto al contorno se puede realizar mediante un cambio de ubicación controlado del cabezal de mecanizado.

30 La orientación del cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo entre sí y respecto al menos un contorno se puede realizar en otra configuración del procedimiento según la invención también mediante un cambio de ubicación controlado de la pieza de trabajo. Por supuesto, la corrección de distancia necesaria entre el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo (orientación) también se puede implementar evidentemente mediante un cambio de posición del dispositivo de posicionamiento. A este respecto, el cabezal de mecanizado permanece en su posición preprogramada y la pieza de trabajo se lleva por medio del dispositivo de posicionamiento a la ubicación exacta respecto al cabezal de mecanizado.

35 Además, es posible que la orientación del cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo entre sí y respecto al contorno se realice por un cambio de ubicación controlado del cabezal de mecanizado y de la pieza de trabajo.

40 En el procedimiento según la invención se realiza una detección sin contacto de una posición real de al menos dos posiciones de medición a partir de respectivamente al menos un punto de medición de la pieza de trabajo posicionada. Esto significa que las etapas C y D se llevan a cabo al menos una vez en respectivamente una posición de medición diferente. Las desviaciones constatadas en la etapa E son desviaciones de los valores de distancia y, adicionalmente, valores derivados de los valores de distancia, como por ejemplo una posición angular de un eje de medición virtual, imaginario y que se extiende entre los dos puntos de medición.

45 Mediante un modo de proceder semejante, la posición angular de la pieza de trabajo se deriva de los dos valores de distancia en las dos posiciones de medición y con conocimiento de las posiciones de medición. Una determinación semejante de la posición angular de la pieza de trabajo es posible en varias superficies, de modo que la ubicación de la pieza de trabajo en el espacio (ubicación espacial) se puede derivar al menos para las regiones de la pieza de trabajo utilizadas para determinar la posición angular.

50 Para ello, es favorable que los al menos dos puntos de medición se sitúen en un eje de medición imaginario que discurre sobre una superficie de la pieza de trabajo y se determina una posición angular del eje de medición con respecto a un eje de referencia virtual a partir de las posiciones reales detectadas. Un eje de referencia semejante puede ser, por ejemplo, un eje longitudinal esperado de la pieza de trabajo. También es posible que un eje de referencia sea un eje virtual en un sistema de coordenadas, que se usa para determinar la ubicación espacial del cabezal de mecanizado y/o de la pieza de trabajo.

55 Para evitar una colisión del cabezal de mecanizado con la pieza de trabajo, el procedimiento según la invención puede estar configurado de modo que el cabezal de mecanizado se aproxima gradualmente a una posición de aproximación que sirve como posición de medición, en tanto que el cabezal de mecanizado se aproxima a una serie de posiciones de aproximación sucesivas, en cada posición de aproximación mediante una medición de distancia se examina la presencia de la pieza de trabajo dentro de una sección de medición y en ausencia de la pieza de trabajo el cabezal

de mecanizado se aproxima a una posición de aproximación siguiente, en donde la posición de aproximación siguiente está seleccionada a una distancia menor de una posición de aproximación anterior que la sección de medición de la medición de distancia. Se debe abordarse como una secuencia de posiciones de aproximación. Estas no están más alejadas entre sí que la longitud de la sección de medición. De este modo se evita que el cabezal de mecanizado no detecte la presencia de una pieza de trabajo en una posición de aproximación, pero al aproximar el cabezal de mecanizado a la siguiente posición de aproximación se produzca la colisión con la pieza de trabajo que está presente detrás de la sección de medición.

Mediante el procedimiento según la invención se posibilitan dos modos de proceder principales.

El primer modo de proceder es llevar a cabo al menos una medición antes de comenzar el proceso de mecanizado por láser. Antes del inicio del proceso de mecanizado real, que es preferentemente un mecanizado de la pieza de trabajo por medio de radiación láser, el cabezal de mecanizado se acerca a la pieza de trabajo en la posición de medición, que está almacenada en un control. Se espera que la pieza de trabajo esté posicionada en una ubicación espacial tal que sea posible una medición de distancia mediante el cabezal de mecanizado ubicado en la posición de medición mientras se respeta la sección de medición.

Mediante al menos un sensor de una unidad sensora de distancia del cabezal de mecanizado se detecta la distancia del cabezal de mecanizado a un punto en la superficie de la pieza de trabajo en la posición de medición. Si esta distancia detectada se sitúa fuera de la tolerancia predeterminada, el cabezal de mecanizado se mueve hacia la pieza de trabajo o se aleja desde esta, por ejemplo, a través de un movimiento de aproximación a lo largo del eje z. Por lo tanto, el cabezal de mecanizado está en una posición de partida prevista con respecto a la pieza de trabajo. A continuación se puede iniciar el proceso y mecanizarse por ejemplo un contorno programado por medio de radiación láser.

El proceso de aproximación y medición de distancia se puede llevar a cabo una vez pero también varias veces desde diferentes direcciones. Una medición repetida aumenta la fiabilidad de la medición y la regulación.

En el caso de una desviación mayor constatada e las posiciones reales y de consigna también puede estar presente junto a un desplazamiento lateral de la pieza de trabajo adicionalmente una inclinación de la pieza de trabajo en la región del plano de mecanizado. Si esta inclinación, es decir, una desviación angular inaceptable de la ubicación espacial de la pieza de trabajo, no se pudiera corregir y la pieza de trabajo se mecanizase a lo largo del plano de trabajo previsto originalmente, entonces la pieza de trabajo solo se produciría en mala calidad o como desecho. Se produciría un ángulo no deseado, por ejemplo en un contorno de corte. Esto se puede reconocer mediante mediciones de distancia en otras posiciones de medición, respectivamente a puntos de medición a lo largo de la pieza de trabajo en distintas direcciones.

Para evitar una colisión del cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo, el cabezal de mecanizado se puede acercar gradualmente a la posición de consigna en un viaje de búsqueda. Si la distancia medida queda por debajo de un valor predefinido, es decir, en caso de colisión, se detiene todo el proceso de mecanizado o, en otro modo de realización del procedimiento según la invención, solo la aproximación del cabezal de mecanizado por viaje de búsqueda.

Igualmente es posible, para fines de corrección, hacer coincidir el contorno almacenado en un control con un contorno a mecanizar, depositado en el sistema de coordenadas de un control. En este caso, los dos contornos mencionados se corrigen mediante desplazamiento de los contornos o al menos un marco, que está asignado a uno de los contornos, en la dirección correspondiente. Un marco está dado por un número de coordenadas del sistema de coordenadas.

Si, en otra configuración del procedimiento, se detecta otro punto de medición en otra posición de medición decalada en 90°, también se puede realizar una corrección en una segunda dirección.

Además, en un segundo modo de proceder, es posible un control después del proceso de mecanizado. La unidad sensora de distancia integrada en el cabezal de mecanizado también se puede utilizar para llevar a cabo un control del resultado del mecanizado. Esto se explica a modo de ejemplo con la separación de secciones de un tubo como pieza de trabajo (de partida). Una sección no completamente separada permanece en una ubicación indefinida en la pieza de trabajo. En el procesamiento posterior, esta sección restante puede interferir con el proceso de producción o causar daños graves. Por lo tanto, se debe pretender controlar tras proceso de mecanizado terminado que no se encuentran secciones separadas de manera incompleta en la pieza de trabajo.

El cabezal de mecanizado se mueve desde la última posición, en la que se realizó un mecanizado de la pieza de trabajo por el cabezal de mecanizado, en la dirección de la sección separada y por medio de la unidad sensora de distancia se controla la presencia de material. En el caso de una medición negativa, es decir, si no se ha constatado material, la medición se puede repetir nuevamente después de que el cabezal de mecanizado se le aproxime aún más al contorno mecanizado. Por consiguiente se garantiza que se puedan detectar las secciones no completamente separadas y que permanecen en una ubicación desconocida en la pieza de trabajo. El reajuste del cabezal de mecanizado conforme a los resultados de medición existentes se realiza preferentemente con el eje z del cabezal de mecanizado.

Para verificar el éxito de un mecanizado, las etapas B, C, D y E se pueden llevar a cabo nuevamente después del

mecanizado realizado de la pieza de trabajo por parte del cabezal de mecanizado.

Por supuesto, ambos modos de proceder también pueden estar combinados entre sí y llevarse a cabo de forma sucesiva.

5 En una configuración adicional, el procedimiento según la invención se puede ampliar de tal manera que junto a una primera pieza de trabajo en un primer dispositivo de posicionamiento se posiciona al menos una segunda pieza de trabajo en un segundo dispositivo de posicionamiento. Después de que se han llevado a cabo las etapas C a E del procedimiento según la invención para la primera pieza de trabajo, se llevan a cabo las etapas C a E para la segunda pieza de trabajo. Si la primera y la segunda pieza de trabajo se sitúan respectivamente en una ubicación espacial tal que se observa el valor de tolerancia permitido respectivo, se continúa con la etapa F. Si en la etapa E se constata que los valores de desviación constatados de al menos una de las dos piezas de trabajo se sitúan fuera de los valores de tolerancia permitidos, la etapa G se lleva a cabo para la pieza de trabajo en cuestión o para ambas piezas de trabajo. Solo cuando la primera y la segunda pieza de trabajo están orientadas de modo que las desviaciones de ambas se sitúan dentro de los valores de tolerancia permitidos, se aproxima el cabezal de mecanizado al contorno.

15 En otras configuraciones del procedimiento según la invención es posible que una tercera o incluso una cuarta pieza de trabajo se posicionen en un tercer o cuarto dispositivo de posicionamiento y que las etapas C a E se lleven a cabo como se describe anteriormente.

20 El procedimiento según la invención se puede usar de manera particularmente ventajosa en la operación de un dispositivo para mecanizar piezas de trabajo no simétricas en rotación por medio de radiación láser, ya que en el uso de la radiación láser es importante una alta precisión en el posicionamiento relativo del cabezal de mecanizado, pieza de trabajo y contorno.

Además, el procedimiento se puede usar en un dispositivo para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo posicionada en un dispositivo de posicionamiento por medio de un cabezal de mecanizado.

25 El objetivo se consigue además mediante un dispositivo para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo sostenida en un dispositivo de posicionamiento por medio de un cabezal de mecanizado. Un dispositivo según la invención presenta al menos un dispositivo de posicionamiento para posicionar una pieza de trabajo, al menos un cabezal de mecanizado que presenta al menos un sensor de distancia y medios para detectar la posición del cabezal de mecanizado y un control para el cambio de posición controlado del cabezal de mecanizado y/o de la pieza de trabajo, en donde el control está configurado de modo que las siguientes etapas se realizan por acción del control:

- 30 a. Aproximar el cabezal de mecanizado al menos a una posición de medición,
- b. detectar sin contacto una posición real de un punto de medición de la pieza de trabajo posicionada en al menos dos posiciones de medición utilizando el cabezal de mecanizado, en donde los al menos dos puntos de medición se sitúan en un eje de medición virtual, que discurre sobre una superficie de la pieza de trabajo, y una posición angular del eje de medición virtual con respecto a un eje de referencia virtual se determina a partir de las
- 35 posiciones reales detectadas,
- c. comparar la posición real detectada con una posición de consigna esperada y constatar los valores de desviación entre la posición real y la posición de consigna,
- d. comparar los valores de desviación constatados con un valor de tolerancia permitido, en donde las desviaciones constatadas son las desviaciones de los valores de distancia entre la posición real y la posición de
- 40 consigna y la posición angular,
- e. aproximar el cabezal de mecanizado a (al menos) un plano de mecanizado, a lo largo del que la pieza de trabajo se debe mecanizar por el cabezal de mecanizado, cuando la desviación constatada se sitúa dentro del valor de tolerancia permitido, u
- f. orientar el cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo entre sí y respecto al (al menos) un plano de
- 45 mecanizado, de manera que una desviación de la posición real después de la orientación se sitúa dentro de los valores de tolerancia permitidos.

50 El cabezal de mecanizado está equipado con una unidad sensora de distancia. Esto comprende al menos un sensor que es adecuado para la medición de distancia, preferentemente según un principio de medición capacitivo o inductivo. La medición de distancia se realiza a través de una sección de medición específica al sensor. Por medio de esta unidad sensora de distancia capacitiva o inductiva y mediante el procesamiento dirigido de la señal del sensor se puede medir la distancia entre la superficie de la pieza de trabajo y el cabezal de mecanizado. Al reenviar las señales del sensor a un control diseñado para la evaluación de las señales del sensor se pueden regular entre sí las ubicaciones espaciales de la pieza de trabajo y el cabezal de mecanizado. El reajuste del cabezal de mecanizado conforme a los resultados de medición existentes se realiza preferentemente con el eje z del cabezal de mecanizado.

El cabezal de mecanizado contiene medios de mecanizado para mecanizar al menos una pieza de trabajo. Los medios de mecanizado pueden ser medios de acción mecánica, como por ejemplo fresas, cinceles, sierras, taladros, raspadores o cepilladoras. Estos pueden ser intercambiables entre sí. Se prefiere que el medio de mecanizado sea una radiación electromagnética de alta energía, preferentemente una radiación láser.

5 El cabezal de mecanizado está preferentemente en conexión con una fuente láser del dispositivo de mecanizado y presenta dispositivos para guiar y dar forma al haz. Se puede mover de forma controlada a través de motores y un control. En otras realizaciones del dispositivo según la invención, el cabezal de mecanizado puede girar hasta seis grados de libertad, es decir, a lo largo de los ejes x, y y z de un sistema de coordenadas cartesianas, además alrededor de los ejes mencionados. Por lo tanto, el cabezal de mecanizado se puede girar y pivotar así.

10 Un dispositivo de posicionamiento puede ser cualquier dispositivo que sea adecuado para sostener una pieza de trabajo. Los dispositivos de sujeción pueden ser, por ejemplo, mandriles de sujeción, asientos cónicos u otros dispositivos en arrastre de fuerza y/o de forma para sujetar piezas de trabajo. En otros modos de realización del dispositivo según la invención pueden estar dispuestos varios dispositivos de posicionamiento. Uno o varios dispositivos de posicionamiento pueden ser rotativos, es decir, una pieza de trabajo sujeta se puede rotar alrededor de al menos un eje del dispositivo de posicionamiento.

Preferentemente está previsto un control mediante el que se pueden controlar al menos el dispositivo de posicionamiento y el cabezal de mecanizado. Es ventajoso si los estados de funcionamiento del dispositivo de posicionamiento y cabezal de mecanizado se ajustan entre sí para garantizar una alta precisión constante de todos los movimientos y etapas del procedimiento, también durante periodos más largos de ejecución del proceso.

20 La invención se explica a continuación más en detalle mediante ejemplos de realización y figuras. Muestran:

Fig. 1 un cabezal de mecanizado en una posición de medición y una pieza de trabajo en la posición de consigna,

Fig. 2 un cabezal de mecanizado en una posición de medición y una pieza de trabajo lejos de la posición de consigna,

25 Fig. 3 un primer ejemplo de realización de una medición de distancia en varias posiciones de medición a lo largo de un eje de medición,

Fig. 4 un primer ejemplo de realización de un dispositivo según la invención en una medición de distancia después de una aproximación del cabezal de mecanizado a la posición de medición a lo largo de un número de posiciones de aproximación y

30 Fig. 5 un primer ejemplo de realización de un dispositivo según la invención con dos dispositivos de posicionamiento.

En la figura 1, se muestra un cabezal de mecanizado 2 muy esquemáticamente, que se aproxima a una posición de medición 7. El cabezal de mecanizado 2 presenta un sensor 5 que forma parte de una unidad sensora de distancia. El sensor 5 está diseñado para permitir mediciones de distancia según un principio de medición capacitiva. A este respecto, las mediciones de distancia se pueden realizar de manera fiable sobre la sección de medición 4 (representada como una línea discontinua). La sección de medición 4 es mayor que una distancia entre el cabezal de mecanizado 2 y la superficie de una pieza de trabajo 1 a mecanizar. La pieza de trabajo 1 está posicionada en un dispositivo de posicionamiento 15, que está en conexión con un accionamiento 16 y adopta una ubicación espacial tal que está presente en una posición real 8 que se corresponde a una posición de consigna 9 de la pieza de trabajo 1. Mediante el cabezal de mecanizado 2 se puede generar un rayo láser enfocado como medio de mecanizado 3 por medio de una fuente de radiación 3.1 y una óptica de formación de haz 3.2 y se dirige a la pieza de trabajo 1. Por medio de los medios de mecanizado 3 es posible un mecanizado de la pieza de trabajo 1 en un contorno 6. Si el cabezal de mecanizado 2 y la pieza de trabajo 1 se mueven uno con respecto al otro, el mecanizado se puede realizar por medio de los medios de mecanizado 3 a lo largo del contorno 6. Si el cabezal de mecanizado 2 se guía alrededor de la pieza de trabajo 1 en la dirección de la flecha, se realiza un mecanizado, en este caso una separación de la pieza de trabajo 1 a lo largo del contorno 6. El dispositivo incluye medios para detectar la posición actual del cabezal de mecanizado 2 (medios de detección de posición 17), a través de los que se conocen una ubicación espacial y la posición del cabezal de mecanizado 2 y está a disposición del control 10.

Un eje longitudinal 1.3 de la pieza de trabajo 1 coincide con un eje de referencia virtual 13. El sensor 5 está conectado a un control 10, que por su lado está conectado de nuevo técnicamente por señal a un accionamiento 14 del cabezal de mecanizado 2. Los movimientos del cabezal de mecanizado 2 se provocan por el accionamiento 14. La fuente de radiación 3.1 y la óptica de formación del haz 3.2 se excitan por el control 10, por lo que la facilitación del haz láser y su enfoque se influyen de forma controlada. Mediante el control 10 también se excita el accionamiento 16 del dispositivo de posicionamiento 15.

55 La fig. 2 muestra una constelación similar a la figura 1, pero la pieza de trabajo 1 se sitúa en una posición real 8, que se desvía de la posición de consigna 9 de modo que la desviación es mayor que un valor de tolerancia permitido. El cabezal de mecanizado 2 se aproxima a la primera posición de medición 7I. Por medio del sensor 5 se realiza una

medición de distancia a lo largo de la sección de medición 4 y se constata que no está presente ninguna pieza de trabajo 1 en la posición de consigna 9. Al mismo tiempo se mide la distancia (valor de distancia) de una pieza de trabajo 1 por el sensor 5 a lo largo de la sección de medición 4 (de manera simplificada referido a un punto en la superficie de la pieza de trabajo 1) y se pasa al control 10. Mediante el control 10 se excita el accionamiento 14 y el cabezal de mecanizado 2 se pivota a lo largo de la periferia de la pieza de trabajo 1 en 90° hasta una segunda posición de medición 7II (el cabezal de mecanizado 2 mostrado a trazos). La fuente de radiación 3.1 se desconecta por el control 10. La ubicación del cabezal de mecanizado 2 en la segunda posición de medición 7II se conoce por los medios de detección de posición 17 y está disponible para el control 10.

En la segunda posición de medición 7II se realiza otra medición de distancia y detección de la distancia entre el sensor 5 y la pieza de trabajo 1. Estos resultados de la medición de distancia también se le envían al control 10. A partir de las posiciones conocidas de la primera posición de medición 7I y la segunda posición de medición 7II y los valores de distancia asociados a las mediciones de distancia se puede determinar la ubicación espacial de la pieza de trabajo 1 en la región de la primera posición de medición 7I y de la segunda posición de medición 7II. La ubicación espacial determinada de la pieza de trabajo 1 y el conocimiento de las dimensiones y la forma de la pieza de trabajo 1 permiten la comparación de la ubicación espacial del eje longitudinal 1.3 respecto a la ubicación espacial conocida de un eje de referencia virtual 13. Este eje de referencia virtual 13 se corresponde con la ubicación espacial esperada del eje longitudinal 1.3. Las desviaciones de las posiciones espaciales del eje longitudinal 1.3 y del eje de referencia 13 resultantes de la comparación se utilizan como parámetros de ajuste para corregir la ubicación espacial de la pieza de trabajo 1. Para ello, el accionamiento 16 se excita por el control 10 de modo que la pieza de trabajo 1 se desplaza a su posición de consigna 9. Después de esta corrección se realiza una nueva medición de distancia. Si el valor de distancia determinado aquí está dentro de la tolerancia permitido, la fuente de radiación 3.1, la óptica de formación de haz 3.2 y el accionamiento 14 se excitan por el control 10 y la pieza de trabajo 1 se mecaniza a lo largo del contorno 6 por el rayo láser como medio de mecanizado 3.

En una modificación del procedimiento según la invención, las ubicaciones espaciales del eje longitudinal 1.3 y del eje de referencia 13 no se comparan entre sí, sin que se usen las posiciones espaciales de los puntos de medición apropiados para generar los comandos de control necesarios para la corrección.

Otra configuración del procedimiento consiste en que la pieza de trabajo 1 permanece en su ubicación espacial detectada y un sistema virtual de coordenadas espaciales (no mostrado) del control 10 se desplaza de modo que la posición de consigna 9 llega a descansar con la posición real determinada 8 dentro de los valores de tolerancia permitidos. Mediante el control 10 se excita entonces el accionamiento 14 de modo que el cabezal de mecanizado 2 se orienta respecto a la pieza de trabajo 1 en una posición de medición 7 (no mostrada), de modo que se respeten los valores de tolerancia permitidos entre la posición real 8 y la posición de consigna 9.

El modo de proceder en la constatación de los desequilibrios de una pieza de trabajo tubular 1 con una sección transversal redonda se muestra en la figura 3. Para determinar una posición angular entre el eje longitudinal 1.3 y el eje de referencia 13, como se describió anteriormente, se realiza una medición de distancia entre el cabezal de mecanizado 2 y un punto de la superficie de la pieza de trabajo 1 en una primera posición de medición 7I. A continuación, el cabezal de mecanizado 2 se desplaza un cierto recorrido a lo largo de un eje de medición virtual 18 de la pieza de trabajo 1 y en una segunda posición de medición 7II se lleva a cabo una segunda medición de distancia. El eje de medición virtual 18 se extiende en la dirección longitudinal de la pieza de trabajo 1 a lo largo de una línea de cresta (isoclina) del abombamiento de la pieza de trabajo 1. A partir del conocimiento de las dos posiciones de medición 7I y 7II, así como los valores de distancia medidos respectivamente se puede determinar una posición angular de la pieza de trabajo 1 con respecto al eje de referencia 13. Para garantizar que los valores de distancia de los puntos en la línea de cresta se usen respectivamente para determinar la posición angular en las dos posiciones de medición 7I y 7II, se pueden llevar a cabo múltiples mediciones de distancia en las dos posiciones de medición 7I y 7II, en donde las posiciones de medición 7 utilizadas a este respecto se varían ortogonalmente respecto al eje longitudinal 1.3. Se selecciona aquella posición de medición 7 con el menor valor de distancia.

En otra configuración se puede inferir sobre la presencia fundamental de una posición angular no deseada cuando las mediciones de distancia en las dos posiciones de medición 7I y 7II dan valores de distancia que no se deben esperar en una posición angular deseada.

Las mediciones de distancia también se pueden realizar en varias posiciones de medición 7I a 7n (solo se muestran 7I y 7II). Si los valores de distancia obtenidos a este respecto dan como resultado puntos de una curva en lugar de una línea recta, se puede inferir sobre la presencia de una posición angular no deseada.

En la fig. 4 se representa de forma simplificada un primer ejemplo de realización de un dispositivo según la invención en una medición de distancia después de una aproximación del cabezal de mecanizado 2 a la posición de medición 7 a lo largo de varias posiciones de aproximación 11. En una primera etapa, el cabezal de mecanizado 2 se aproxima por el control 10 y el accionamiento 14 a una primera posición de aproximación 11.1 y allí se lleva a cabo una medición de distancia a lo largo de la sección de medición 4. A este respecto no se constata la presencia de la pieza de trabajo 1. A continuación, el cabezal de mecanizado 2 se aproxima en la dirección de la sección de medición 4 a una segunda posición de aproximación 11.2, en donde la sección de aproximación 12 entre la primera posición de aproximación 11.1 y la segunda posición de aproximación 11.2 es más corta que la sección de medición 4. De este

modo se evita una colisión del cabezal de mecanizado 2 con una pieza de trabajo 1 posiblemente presente al final del recorrido de medición 4. En la segunda posición de aproximación 11.2 se lleva a cabo de nuevo una medición de distancia. De nuevo no se constata la presencia de la pieza de trabajo 1 a lo largo de la sección de medición 4 y acto seguido el cabezal de mecanizado 2 se aproxima a una tercera posición de aproximación 11.3. La sección de aproximación 12 es de nuevo más pequeña que la sección de medición 4. En la tercera posición de aproximación 11.3, la presencia de la pieza de trabajo 1 dentro de la sección de medición 4 se constata por la medición de distancia que se realiza allí. En base a la información sobre la ubicación espacial del cabezal de mecanizado 2 y del valor de distancia detectado se compara la posición real así determinada 8 de la pieza de trabajo 1 con una posición de consigna esperada 9. Si se constata que las desviaciones entre la posición real 8 y la posición de consigna 9 son mayores que los valores de tolerancia permitidos, mediante el control 10 se excita el accionamiento 16 del dispositivo de posicionamiento 15 y la posición de la pieza de trabajo 1 se modifica de forma regulada, de modo que se respetan los valores de tolerancia permitidos.

También es posible desplazar el cabezal de mecanizado 2 a partir de la tercera posición de aproximación 11.3 de modo que se respeten los valores de tolerancia permitidos.

Este modo de proceder, designado como viaje de búsqueda, también se puede utilizar para verificar la presencia de piezas de trabajo 1 o restos de material cuya ubicación espacial es desconocida. También se puede verificar la presencia de piezas de trabajo 1 incompletamente separadas o restos de material que quedan en la pieza de trabajo 1 después del mecanizado, acercándose y verificando las posiciones presuntas de las piezas de trabajo 1 o restos de material por medio del viaje de búsqueda.

En la fig. 5 se muestra un primer ejemplo de realización de un dispositivo según la invención con un primer dispositivo de posicionamiento 15.1 y un segundo dispositivo de posicionamiento 15.2. En el primer dispositivo de posicionamiento 15.1 está posicionada una primera pieza de trabajo 1.1; en el segundo dispositivo de posicionamiento 15.2 está posicionada una segunda pieza de trabajo 1.2. Al primer dispositivo de posicionamiento 15.1 está asociado un primer accionamiento 16.1 y al segundo dispositivo de posicionamiento 15.2 un segundo accionamiento 16.2. Ambos accionamientos 16.1 y 16.2 están en conexión con el control 10. La ubicación espacial de la primera pieza de trabajo 1.1 se determina a partir de la primera posición de medición 7I y se corrige en caso necesario según se expone arriba. La ubicación espacial de la segunda pieza de trabajo 1.2 se determina a partir de la segunda posición de medición 7II y se corrige en caso necesario. En la fig. 5, el primer eje longitudinal 1.31 de la primera pieza de trabajo 1.1 y el segundo eje longitudinal 1.32 de la segunda pieza de trabajo 1.2 se corrigen entre sí de modo que coincidan. Además, los lados frontales de las dos piezas de trabajo 1.1 y 1.2 se unen. La orientación correcta de las dos piezas de trabajo 1.1 y 1.2 se verifica desde una tercera posición de medición 7III. Partiendo de la tercera posición de medición 7III, las dos piezas de trabajo 1.1 y 1.2 se sueldan entre sí por medio de radiación láser. El cordón de soldadura se genera a lo largo del cordón a tope de las dos piezas de trabajo 1.1 y 1.2, que sirve como contorno 6.

Lista de referencias

- 35 1 Pieza de trabajo
- 1.1 Primera pieza de trabajo
- 1.2 Segunda pieza de trabajo
- 1.3 Eje longitudinal
- 1.31 Primer eje longitudinal
- 40 1.32 Segundo eje longitudinal
- 2 Cabezal de mecanizado
- 3 Medio de mecanizado
- 3.1 Fuente de radiación
- 3.2 Óptica de formación de haz
- 45 4 Sección de medición
- 5 Sensor
- 6 Contorno
- 7 Posición de medición
- 7I Primera posición de medición
- 50 7II Segunda posición de medición

- 7III Tercera posición de medición
- 8 Posición real
- 9 Posición de consigna
- 10 Control
- 5 11 Posición de aproximación
 - 11.1 Primera posición de aproximación
 - 11.2 Segunda posición de aproximación
 - 11.3 Tercera posición de aproximación
- 12 Sección de aproximación
- 10 13 Eje de referencia
- 14 Accionamiento (del cabezal de mecanizado 2)
- 15 Dispositivo de posicionamiento
 - 15.1 Primer dispositivo de posicionamiento
 - 15.2 Segundo dispositivo de posicionamiento
- 15 16 Accionamiento (del dispositivo de posicionamiento 15)
 - 16.1 Primer accionamiento
 - 16.2 Segundo accionamiento
- 17 Medios de detección de posición
- 18 Eje de medición virtual

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar y corregir una ubicación espacial de una pieza de trabajo (1) no simétrica en rotación sostenida en un dispositivo de posicionamiento (15) y para mecanizar la pieza de trabajo (1) con las etapas:
 - A: posicionar la pieza de trabajo (1) en el dispositivo de posicionamiento (15),
 - 5 B: alimentar un cabezal de mecanizado (2), que presenta al menos un sensor (5) para la medición de distancia y medios de detección de posición (17) para detectar la posición actual del cabezal de mecanizado (2), respecto a al menos una posición de medición (7),
 - C: detectar sin contacto una posición real (8) respectivamente de un punto de medición de la pieza de trabajo posicionada (1) en al menos dos posiciones de medición (7, 7I, 7II, 7III) utilizando el cabezal de mecanizado (2), en donde los al menos dos puntos de medición se sitúan en un eje de medición virtual (18), que discurre sobre una superficie de la pieza de trabajo (1), y una posición angular del eje de medición virtual (18) con respecto a un eje de referencia virtual (13) se determina a partir de las posiciones reales detectadas (8),
 - 10 D: comparar la posición real detectada (8) con una posición de consigna esperada (9) y constatar los valores de desviación entre la posición real (8) y la posición de consigna (9),
 - 15 E: comparar los valores de desviación constatados con un valor de tolerancia permitido, en donde las desviaciones constatadas son las desviaciones de los valores de distancia entre la posición real (8) y la posición de consigna (9) y la posición angular,
 - F: aproximar el cabezal de mecanizado (2) a un contorno (6), a lo largo del que la pieza de trabajo (1) se debe mecanizar por el cabezal de mecanizado (2), cuando la desviación constatada se sitúa dentro del valor de tolerancia permitido, en donde la etapa de aproximar el cabezal de mecanizado (2) a un contorno (6) comprende otra etapa de guiar el cabezal de mecanizado (2) en un plano alrededor de la pieza de trabajo y separa la pieza de trabajo a lo largo de una línea barrida por el cabezal de mecanizado, o
 - G: orientar el cabezal de mecanizado (2) y la pieza de trabajo (1) entre sí y respecto al contorno (6), de manera que una desviación de la posición real (8) después de la orientación se sitúa dentro de los valores de tolerancia permitidos.
 - 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la orientación del cabezal de mecanizado (2) y la pieza de trabajo (1) entre sí y respecto al contorno (6) se realiza por un cambio de ubicación controlado del cabezal de mecanizado (2).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la orientación del cabezal de mecanizado (2) y la pieza de trabajo (1) entre sí y respecto al contorno (6) se realiza por un cambio de ubicación controlado de la pieza de trabajo (1).
- 30
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la orientación del cabezal de mecanizado (2) y la pieza de trabajo (1) entre sí y respecto al contorno (6) se realiza por un cambio de ubicación controlado del cabezal de mecanizado (2) y de la pieza de trabajo (1).
- 35
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cabezal de mecanizado (2) se aproxima gradualmente a una posición de aproximación (11) que sirve como posición de medición (7), en tanto que el cabezal de mecanizado (2) se aproxima a una serie de posiciones de aproximación sucesivas (11, 11.1, 11.2, 11.3), en cada posición de aproximación (11, 11.1, 11.2, 11.3) mediante una medición de distancia se examina la presencia de la pieza de trabajo (1) dentro de una sección de medición (4) y en ausencia de la pieza de trabajo (1) el cabezal de mecanizado (2) se aproxima a una posición de aproximación siguiente (11, 11.1, 11.2, 11.3), en donde la posición de aproximación siguiente (11, 11.1, 11.2, 11.3) está seleccionada a una distancia menor de una posición de aproximación anterior (11, 11.1, 11.2, 11.3) que longitud de la sección de medición (4) de la medición de distancia.
- 40
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que después del mecanizado realizado de la pieza de trabajo (1) por el cabezal de mecanizado (2) nuevamente se llevan a cabo las etapas B, C, D y E para verificar el éxito del mecanizado.
- 45

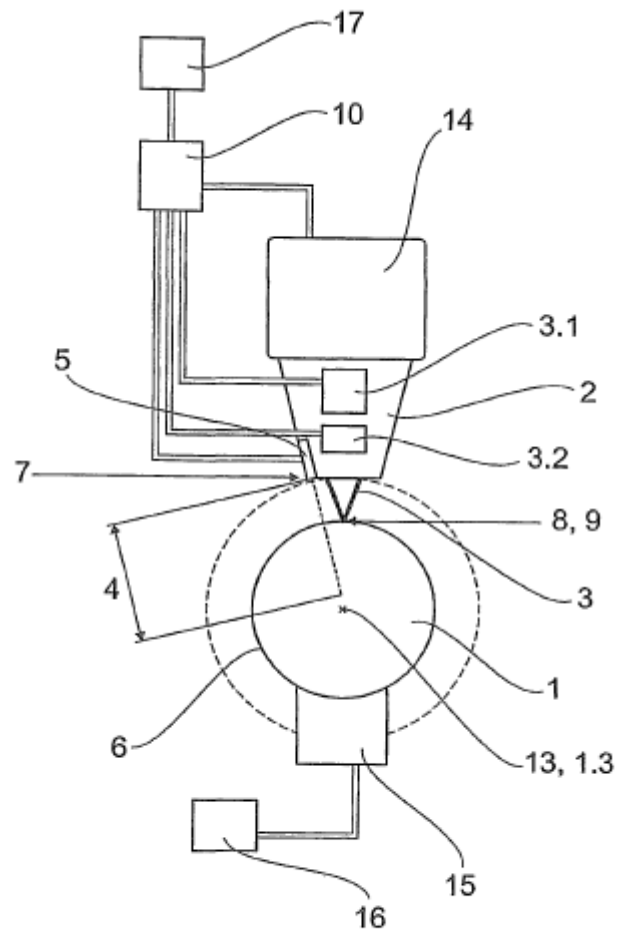


Fig. 1

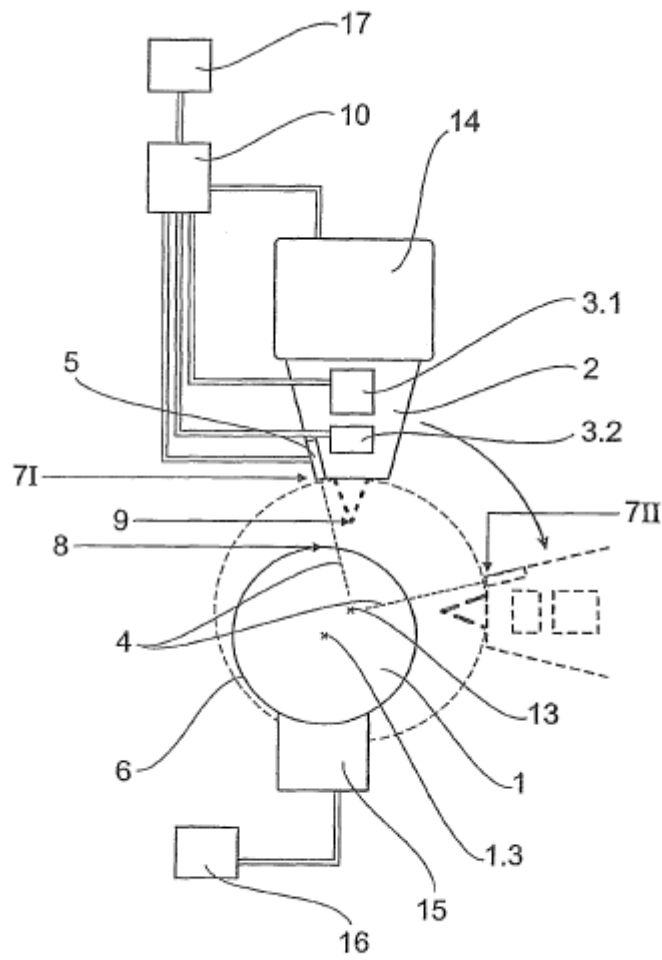


Fig. 2

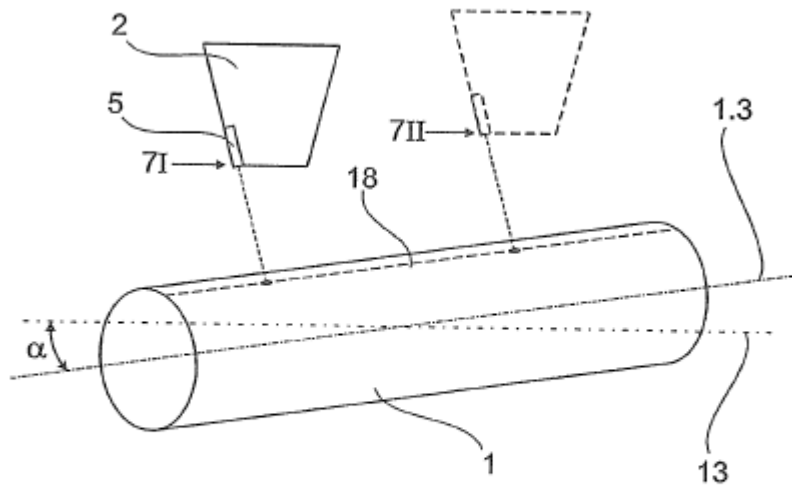


Fig. 3

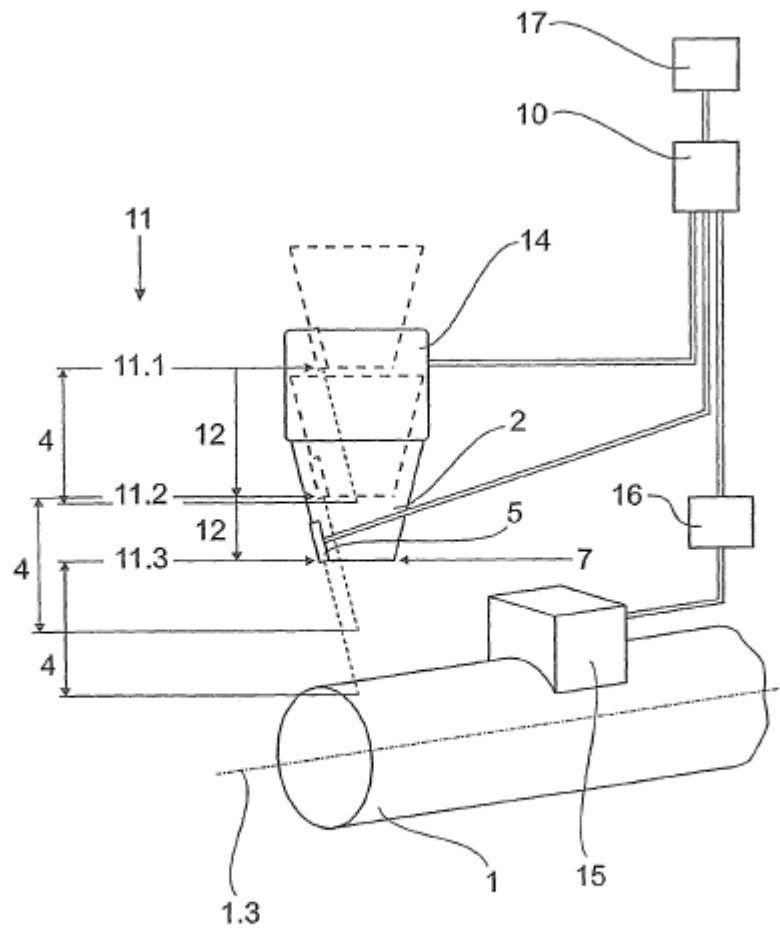


Fig. 4

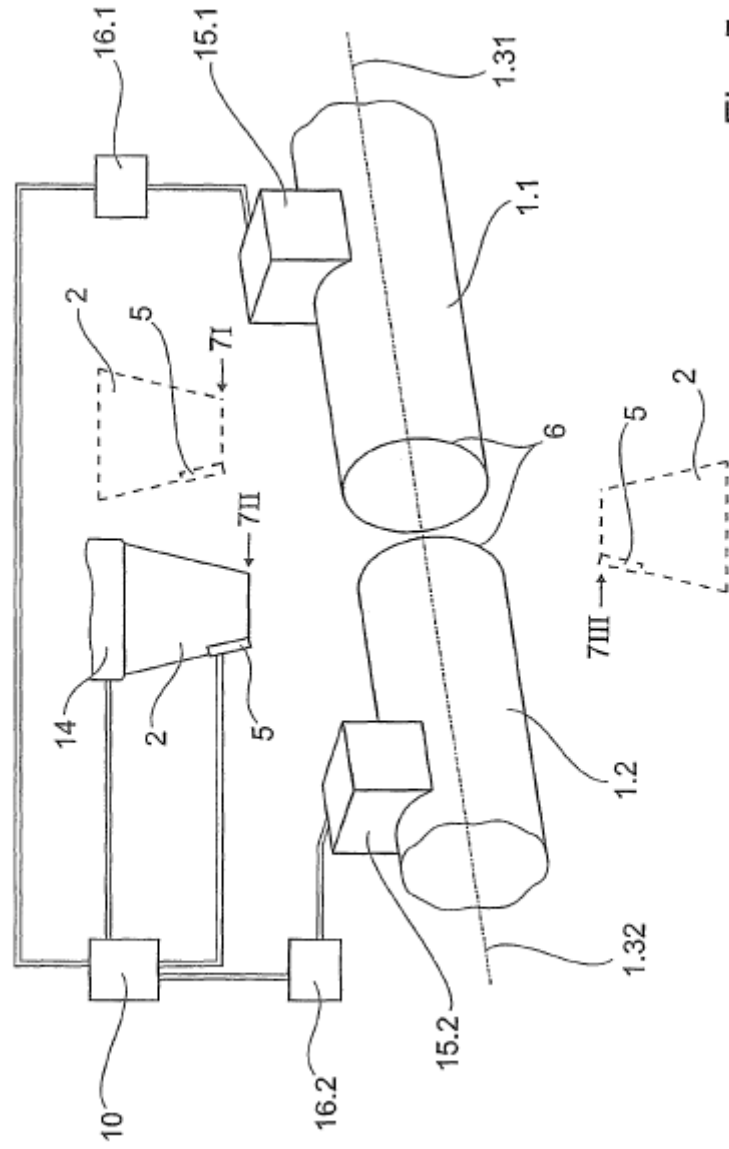


Fig. 5