

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 908**

51 Int. Cl.:

G05B 19/4065 (2006.01)

G05B 13/02 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2022** **E 22157780 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024** **EP 4068018**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado**

30 Prioridad:

01.04.2021 DE 102021108312

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

18.10.2024

73 Titular/es:

LISA DRÄXLMAIER GMBH (100.0%)
Landshuter Strasse 100
84137 Vilsbiburg, DE

72 Inventor/es:

HINTERBRANDNER, FLORIAN y
GIRSCHICK, TOBIAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 982 908 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

Dispositivo y procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado

Campo técnico

5 La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado, en particular para la monitorización predictiva de un proceso de estampado.

Estado de la técnica

10 Hasta el momento, para los procesos de estampado se ha seguido principalmente una estrategia preventiva de mantenimiento. En base a estimaciones de expertos, se establecen intervalos de mantenimiento estáticos para cada herramienta de estampado individual. Sin embargo, los eventos impredecibles como el desgarrado de la película lubricante, los errores operativos, los pequeños desechos de estampado que se producen, etc., no se pueden considerar en este análisis. Por lo tanto, puede suceder que incluso dentro del intervalo de mantenimiento se alcance el límite de desgaste y, por lo tanto, la calidad del producto resulte afectada. En el peor de los casos, la herramienta puede dañarse. Esto está asociado a costes considerables, ya que se producen paradas de la máquina no planificadas y costes de reparación. Además, las medidas necesarias para reparar el daño comprometen tanto al personal, como también las capacidades de la máquina.

15 El documento "UBHAYARATNE INDIVARIE ET AL: "An audio Signal based model for condition monitoring of sheet metal stamping process", 2015 IEEE 10TH CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONICS AND APPLICATIONS (ICIEA), 2015, pp. 1267-1272, doi: 10.1109/ICIEA.2015.7334303, XP032816062" se refiere a un modelo de la separación ciega de señales (BSS) para el estampado de chapas con un sistema de prensado mecánico. Se realizan una serie de operaciones de máquina especialmente desarrolladas y se desarrolla una nueva técnica de extracción de señales.

20 El documento de "G. Zhang, C. Li, H. Zhou and T. Wagner, Punching process monitoring using wavelet transform based feature extraction and semi-supervised clustering, Procedia Manufacturing, tomo 26, 2018, páginas 1204-1212, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.156>.XP055945591" hace referencia a un procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado. Para medir la deformación se utiliza un sensor de extensión piezoeléctrico para determinar una deformación en la superficie de la columna de prensado. Esta extensión se utiliza como variable de proceso para monitorizar el proceso de estampado.

25 El documento "D.Y.Sari, TL.Wu, and BT.Lin, Preliminary study for online monitoring during the punching process, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, del 30 de mayo de 2016, tomo 88, N° 5, páginas 2275-2285 (2017), <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8956-y>, XP036143639" se refiere al procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado. Para la monitorización del proceso de estampado se utilizan procedimientos de monitorización basados en las vibraciones.

30 El documento "A. S. Mardapittas and Y. H. J. Au, Expert System for tool wear monitoring in blanking, IEE Colloquium on Intelligent Fault Diagnosis - Parte 1; Classification-Based Techniques, 1992, páginas 2/1 -2/4, XP006522217" se refiere a procedimientos para monitorizar un proceso de estampado. Para monitorizar el proceso de estampado se utilizan las siguientes cinco señales de medición: el desplazamiento del punzón, las señales ópticas para monitorizar los recorridos de retorno de tornillos sinfín y la rotura de la herramienta, la fuerza que experimenta el punzón, la emisión de ruido y la aceleración del punzón.

35 El documento US 10 139 311 B2 se refiere a un procedimiento y a un sistema para la detección de desgaste de la máquina herramienta o de anomalías, la predicción de la vida útil restante de la herramienta de máquina y la planificación en la fabricación. Un desgaste o un deterioro de la herramienta se pueden detectar mediante la caracterización de una tendencia de un cambio de un parámetro de uno o más grupos de procesos de mecanizado que son realizados por la máquina herramienta. La vida útil restante de la máquina herramienta se puede predecir extrapolando la tendencia según un proceso Markov de primer orden y ajustando un filtro de partículas. Los resultados de la detección se pueden utilizar para la toma de decisiones en la planta de producción.

40 El documento US 2018/272491 A1 se refiere a un procedimiento para la monitorización y la predicción del desgaste de la herramienta, que utiliza una red neuronal dinámica híbrida (HDNN) para crear un procedimiento de predicción del desgaste. El procedimiento de predicción del desgaste accede a las secuencias de mecanizado reales, a los datos del sensor que se registraron en el funcionamiento actual de la herramienta y al desgaste previsto de una secuencia anterior, para predecir un valor de desgaste de la herramienta.

45 El documento "JT.Zhou, X. Zhao, X and J. Gao, Tool remaining useful life prediction method based on LSTM under variable working conditions, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, tomo 104, páginas 4715-4726 (2019).<https://doi.org/10.1007/s00170-019-04349-y>, XP036922770" se refiere a un procedimiento para la predicción de la vida útil restante de herramientas bajo condiciones de trabajo variables, en base a una red LSTM. En primer lugar, se crea una representación uniforme de las condiciones de trabajo según los factores que influyen en el desgaste de la herramienta. A continuación, las características de desgaste se extraen de la señal de monitorización

del proceso. Las propiedades de desgaste extraídas y otras condiciones de trabajo están incorporadas en una matriz para detectar las relaciones espacio-temporales complejas bajo condiciones de trabajo variables. Por medio del modelo LSTM se crea el modelo predictivo del tiempo de vida útil restante bajo condiciones de trabajo variables.

5 El documento "Q. An, Z. Tao, X. Xu, M. El Mansori and M. Chen, A data-driven model for milling tool remaining useful life prediction with convolutional and stacked LSTM network, Measurement, tomo 154, 2020, 107461, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107461>, XP086066721" se refiere a un modelo híbrido que combina una red neuronal convolucional (CNN) con una red (memoria a corto plazo bidireccional y unidireccional LSTM, SBULSTM), para determinar una vida útil restante (RUL) en un proceso de fresado.

10 El documento "T. Benkedjouh, K. Medjaher, N. Zerhouni and S. Rechak, Health assessment and life prediction of cutting tools based on support vector regression, Journal of Intelligent Manufacturing, tomo 26, páginas 213-223 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10845-013-0774-6>, XP055945083" se refiere a un procedimiento para evaluar la robustez y para la predicción de la vida útil de herramientas de corte en base a una regresión de vector de soporte. El objetivo es estimar y predecir el grado de desgaste de la herramienta de corte y determinar la vida útil restante (RUL) de la herramienta de corte. Se presenta un procedimiento para la determinación del estado de la herramienta y la predicción de la vida útil basado en la reducción de características no lineal y la regresión de vector de soporte.

15 El documento "S.Y.Wong, J.H.Chuah and J.Y.Yap, Technical data-driven tool condition monitoring challenges for CNC milling: a review, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, tomo 107, páginas 4837-4857, (2020). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05303-z>, XP037134471" se refiere a un artículo para la monitorización de estado de herramientas, controlada por datos, en el proceso CNC. El artículo plantea los aspectos técnicos de los últimos desarrollos en las técnicas más modernas de TCM (Tool Condition Monitoring) y los desafíos actuales que limitan la viabilidad de la TCM en aplicaciones industriales reales.

Descripción de la invención

Un objetivo de la invención consiste en crear un concepto para una monitorización mejorada de un proceso de estampado en el que no se presenten las desventajas descritas anteriormente.

25 Este objetivo se soluciona mediante los objetos con las características según las reivindicaciones independientes. Algunas realizaciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y de los dibujos.

La invención se basa en la idea de combinar varios procesos de una manera eficaz. Estos son: 1. La detección y la clasificación de anomalías o tipos de errores con la ayuda de la inteligencia artificial; 2. La determinación del estado con la ayuda de la inteligencia artificial; y 3. La determinación del curso futuro del estado de la herramienta.

30 Con la ayuda de los sensores adecuados, se registran las variables de estado relevantes para la implementación. Las variables de estado pueden ser, por ejemplo, el ruido de impacto de la herramienta de estampado, la temperatura de la herramienta de estampado y la información angular o la información de recorrido, por ejemplo, la información angular de la excéntrica de la prensa excéntrica, como se describe con más detalle a continuación con relación a la figura 4, o la información de recorrido en las prensas hidráulicas. Para detectar el ruido de impacto se pueden colocar varios sensores piezoeléctricos en la herramienta de estampado. En las inmediaciones se encuentran los sensores de temperatura. El ángulo se puede registrar con ayuda de un codificador, tal como se describe con más detalle a continuación con respecto a la figura 4. Después de la recopilación de datos, se compensan las posibles influencias de interferencia y el conjunto de datos se edita de modo que este solo contenga información relevante. Una detección automática de anomalías se utiliza para identificar desviaciones del funcionamiento normal. Tan pronto como se detecta una anomalía, un modelo de clasificación previamente entrenado identifica el error. Otro modelo de IA se utiliza para estimar el estado actual de la herramienta. Para ello, solo se utilizan los datos que el detector de anomalías ha declarado como normales. Por medio de un algoritmo adicional, se promedia el curso futuro del estado.

Según un primer aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un dispositivo para monitorizar un proceso de estampado según la reivindicación 1.

45 En el proceso de estampado, la herramienta de estampado se mueve desde una posición inicial a una posición final, que corresponde de nuevo a la posición inicial, ya que se trata de un proceso periódico. La posición inicial, la posición final y las diferentes posiciones intermedias se representan con más detalle con el ejemplo de una prensa excéntrica en la figura 4.

50 La fuerza ejercida por la herramienta de estampado sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado, desde la posición inicial a la posición final, no se mide directamente, sino indirectamente. La señal del ruido de impacto se detecta a través de los sensores piezoeléctricos, que proporcionan información sobre la fuerza, y en lo sucesivo se denomina como pseudofuerza.

55 Una combinación de los primeros datos y los segundos datos proporciona información sobre el trabajo mecánico, que se registra en forma de vibraciones y deformaciones elásticas en la respectiva placa de la herramienta de estampado. Una estructura a modo de ejemplo de una herramienta de estampado se muestra en la figura 3 y se describe con más detalle a continuación, con relación a la figura 3.

Con un dispositivo de este tipo para monitorizar un proceso de estampado es posible determinar el estado actual de la herramienta, su curso futuro y, en caso de que se produzcan anomalías, el tipo de fallo. Según estos hallazgos es posible optimizar el intervalo de mantenimiento, minimizar la probabilidad de una falla del sistema y optimizar la planificación de la producción y la logística, ya que se genera información sobre el tiempo de uso restante.

5 El conocimiento sobre el tiempo de uso restante posibilita una planificación más precisa de la producción y la logística. Del mismo modo, los datos se pueden visualizar y, por lo tanto, se puede alcanzar aún más transparencia en la producción.

10 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, los primeros datos indican la fuerza por medio de una flexión o deformación de la herramienta de estampado, que actúa sobre la herramienta de estampado debido al proceso de estampado. En lo sucesivo, esta fuerza también se denomina como pseudofuerza.

Esto ofrece la ventaja técnica de que la fuerza de estampado se puede mostrar de manera sencilla, a saber, midiendo la flexión o deformación en la herramienta de estampado, por ejemplo por medio de sensores piezoeléctricos que están montados en la herramienta de estampado.

15 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está configurado para determinar el momento de mantenimiento de la herramienta de estampado en base a los primeros y los segundos datos y a por lo menos un valor umbral predeterminado.

20 Con ello, ventajosamente, el intervalo de mantenimiento o la vida útil de la herramienta se pueden adaptar dinámicamente en base al estado de la herramienta. Por consiguiente, se puede evitar una superación accidental del límite de carga. Por lo tanto, es posible optimizar el intervalo de mantenimiento y reducir los costes de mantenimiento y reparación asociados a ello.

Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está diseñado además para obtener terceros datos que indican una temperatura de la herramienta de estampado, en el que el modelo de predicción predice el estado de desgaste de la herramienta de estampado mediante los terceros datos, en combinación con los primeros datos y los segundos datos.

25 Con ello, de manera ventajosa, para determinar el estado de desgaste se puede tener en cuenta el efecto de temperatura, es decir, el calentamiento de la herramienta de estampado debido a la fricción asociada con el estampado.

30 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el modelo de predicción está configurado para representar en la predicción una compensación de la influencia térmica debido al calentamiento de la herramienta de estampado en el transcurso del proceso de estampado.

Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, los primeros datos 101 son datos de sensor, de sensores piezoeléctricos que están situados en la herramienta de estampado.

35 De este modo se consigue la ventaja técnica de que a través de los sensores piezoeléctricos se puede determinar de manera sencilla y eficiente una fuerza, en este caso denominada "pseudofuerza", que se puede utilizar para determinar el trabajo mecánico.

40 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, los segundos datos comprenden una información angular de un codificador giratorio de la herramienta de estampado, en particular una información angular de una excéntrica de una prensa excéntrica, o los segundos datos comprenden una información de recorrido de un transductor de desplazamiento de la herramienta de estampado, en particular una información de recorrido de un pistón de una prensa hidráulica.

Con ello se alcanza la ventaja técnica de que mediante la información angular o la información de recorrido se puede determinar de manera sencilla el trabajo mecánico, que proporciona información sobre el comportamiento de desgaste de la herramienta de estampado.

45 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el modelo de predicción predice el estado de desgaste de la herramienta de estampado mediante variables de estado del proceso de estampado, en el que las variables de estado comprenden lo siguiente: las vibraciones y flexiones elásticas que actúan sobre la herramienta de estampado durante el movimiento de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final; el ángulo o el recorrido que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final, una temperatura de la herramienta de estampado. Las vibraciones y las flexiones elásticas se registran en forma de un ruido de impacto de la herramienta de estampado.

50 De este modo se alcanza la ventaja técnica de que mediante estos datos, el modelo de predicción puede predecir con mucha precisión el estado de desgaste de la herramienta de estampado y, por lo tanto, son posibles afirmaciones precisas sobre el momento del mantenimiento.

Según la invención, el modelo de predicción predice el estado de desgaste de la herramienta de estampado en base a una compensación de una influencia térmica mediante un calentamiento de la herramienta de estampado en el transcurso del proceso de estampado.

5 Con ello se alcanza la ventaja técnica de que las influencias térmicas en el proceso de estampado, que se producen con el aumento del tiempo y el calentamiento de la herramienta de estampado, se pueden determinar y compensar de manera precisa. Con ello se aumenta la precisión de la predicción y se puede determinar de forma más fiable el estado de desgaste, así como el momento de mantenimiento resultante.

10 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el modelo de predicción está configurado para determinar una anomalía en el proceso de estampado en base a una magnitud de una variable de estado determinada mediante los primeros datos y los segundos datos, con respecto a uno o varios valores de referencia, y para detectar una anomalía cuando la magnitud determinada supera un valor límite predeterminado.

De este modo, se puede alcanzar la ventaja de que las anomalías que se presentan se pueden clasificar automáticamente y se pueden identificar errores críticos para el proceso, incluso durante la producción.

15 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está configurado para almacenar una anomalía detectada y para asociar la anomalía a un tipo de error, en base a una clasificación de errores.

Con ello se alcanza la ventaja técnica de que se generan conocimientos adicionales sobre el proceso de estampado, que se pueden utilizar para ajustar mejor el proceso de estampado para eliminar las anomalías que se produzcan y reducir el desperdicio.

20 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, la clasificación de errores tiene lugar en base a una asociación manual, realizada previamente, de anomalías encontradas hasta el momento, a tipos de errores y, en caso de que se presenten nuevas anomalías tiene lugar una ampliación automática de la clasificación de errores en base a una asociación de las nuevas anomalías que se han presentado, a nuevos tipos de errores.

25 Con ello se alcanza la ventaja técnica de que un experto puede usar su conocimiento para asociar las anomalías a tipos específicos, que esta clasificación puede tener lugar automáticamente a medida que aumentan los datos de clasificación, de modo que el sistema se puede optimizar con el conocimiento de expertos y puede utilizar este conocimiento para clasificaciones automáticas. Por lo tanto, el desperdicio del proceso de estampado se puede minimizar de manera efectiva. También se pueden mostrar anomalías críticas para el proceso, para evitar daños en la herramienta.

30 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está configurado para determinar el momento de mantenimiento de la herramienta de estampado en base a un modelo de regresión que predice una vida útil restante de la herramienta de estampado según el estado de desgaste de la herramienta de estampado.

35 Con ello se alcanza la ventaja técnica de que con el modelo de regresión son posibles predicciones precisas sobre la vida útil restante de la herramienta de estampado, de modo que se puede realizar un mantenimiento o reemplazo específico de la herramienta de estampado incluso antes de que se produzca una rotura de la herramienta o una producción de NO OK (no en orden), es decir, una producción con defectos.

Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el modelo de regresión está configurado para representar un curso de desgaste no lineal de la herramienta de estampado en una vida útil restante lineal de la herramienta de estampado.

40 De este modo, se alcanza la ventaja técnica de que el personal operador puede reconocer más fácilmente, a través de un curso lineal, cuándo es necesario un mantenimiento o un reemplazo de la herramienta de estampado, que lo posible a través de un curso de desgaste no lineal.

45 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está configurado para entrenar el modelo de regresión en un estado de entrenamiento del proceso de estampado con un conjunto de datos de entrenamiento predeterminado y para probarlo en un estado de prueba del proceso de estampado con un conjunto de datos de prueba que comprende los primeros datos y los segundos datos.

De este modo se alcanza la ventaja técnica de que con el entrenamiento para datos de entrada "de la misma clase" se pueden predecir resultados. Por lo tanto, una predicción solo es posible a través del entrenamiento.

50 Según una realización a modo de ejemplo del dispositivo, el dispositivo está configurado para determinar el momento de mantenimiento de la herramienta de estampado según períodos aún restantes de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final.

De este modo se alcanza la ventaja técnica de que el personal de servicio puede ver de forma sencilla y clara cuándo es necesario el siguiente mantenimiento.

Según un segundo aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para la monitorización de un proceso de estampado según la reivindicación 16.

5 Con un procedimiento de este tipo para monitorizar un proceso de estampado es posible determinar el estado actual de la herramienta, su curso futuro y, en caso de que se produzcan anomalías, el tipo de error. Según estos hallazgos es posible optimizar el intervalo de mantenimiento, minimizar la probabilidad de una falla del sistema y optimizar la planificación de la producción y la logística, ya que se genera información sobre el tiempo de uso restante.

10 Como se describió anteriormente con relación al dispositivo correspondiente, se obtienen las mismas ventajas para el procedimiento, a saber, el hecho de que el conocimiento del tiempo de uso restante permite una planificación más precisa de la producción y la logística. Del mismo modo, los datos se pueden visualizar y, por lo tanto, se puede alcanzar aún más transparencia en la producción.

Según un tercer aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un programa informático con un código de programa para realizar el procedimiento según el segundo aspecto.

15 Con ello se alcanza la ventaja técnica de que el programa informático se puede ejecutar fácilmente en un ordenador o dispositivo de control para monitorizar el proceso de estampado. Solamente los datos deben detectarse y prepararse con un sistema de sensores adecuados y un transductor de medición.

El concepto presentado aquí es adecuado para cualquier estampadora y herramientas de estampado para el procesamiento de chapa, pero también para el procesamiento de otros materiales.

20 Con el concepto descrito aquí es posible determinar el estado actual de la herramienta, su curso futuro y, en caso de que se presenten anomalías, el tipo de error. Según estos hallazgos es posible optimizar el intervalo de mantenimiento, minimizar la probabilidad de una falla del sistema y optimizar la planificación de la producción y la logística, ya que se genera información sobre el tiempo de uso restante.

El intervalo de mantenimiento o la vida útil de la herramienta se puede adaptar dinámicamente según el estado de la herramienta. Por consiguiente, se puede evitar una superación accidental del límite de carga. Por lo tanto, es posible optimizar el intervalo de mantenimiento y reducir los costes de mantenimiento y reparación asociados a ello.

25 Además, las anomalías que se presentan se pueden clasificar automáticamente y pueden identificarse errores críticos para el proceso incluso durante la producción.

El conocimiento sobre el tiempo de uso restante posibilita una planificación más precisa de la producción y la logística. Del mismo modo, los datos se pueden visualizar y, por lo tanto, se puede alcanzar aún más transparencia en la producción.

30 El comportamiento de desgaste se puede visualizar, posibilitando una investigación más profunda de las causas. A continuación, se pueden examinar las conclusiones sobre posibles deficiencias de diseño, errores sistemáticos o errores de manejo. Durante el mantenimiento, se pueden consultar los errores que se han producido y, por lo tanto, se pueden corregir las posibles fuentes de error de forma específica.

Breve descripción de las figuras

35 A continuación, la invención se describe con mayor detalle mediante ejemplos de realización y las figuras. En las figuras muestran:

Fig. 1: una representación esquemática de un dispositivo 100 para monitorizar un proceso de estampado según la descripción;

40 Fig. 2a/b: dos representaciones a modo de ejemplo 200a, 200b de la información de fuerza-ángulo 200a, 200b, como datos de entrada para el modelo de predicción según la descripción;

Fig. 3: una representación a modo de ejemplo de una herramienta de estampado 300 según la descripción;

Fig. 4: una representación a modo de ejemplo de los estados 400a, 400b, 400c de un proceso de estampado en el ejemplo de una prensa excéntrica;

Fig. 5: un diagrama de flujo de mensajes para ilustrar el modelo de predicción 500 según la descripción; y

45 Fig. 6: una representación esquemática de un procedimiento 600 para la monitorización de un proceso de estampado según la descripción.

Descripción detallada

Los aspectos y formas de realización se describen en referencia a los dibujos, en los que las mismas referencias se refieren en general a los mismos elementos. En la siguiente descripción se representan numerosos detalles específicos con finalidades de explicación, a fin de ofrecer una comprensión detallada de uno o varios aspectos de la invención.

En otros casos, las estructuras y elementos conocidos se representan de forma esquemática, para facilitar la descripción de uno o varios aspectos o realizaciones.

En la siguiente descripción se hace referencia a los procesos de estampado y a las herramientas de estampado. El estampado es un proceso de separación para la producción de piezas estampadas de diferentes materiales, tales como chapas, cartón, productos textiles, etc., con una prensa de estampado o por impacto con una masa del martillo en una herramienta de corte. Una herramienta de estampado consiste en el punzón, que representa la forma interior, y la matriz, que presenta una abertura adecuada de modo correspondiente. El punzón por lo general se instala en la parte superior/parte inferior. La figura 4 muestra un ejemplo de una herramienta de estampado. En el estampado de alto rendimiento, los procesos como la soldadura, el rebordeado, el remachado y la conformación están integrados en herramientas compuestas secuenciales también poseen estaciones de plegado y otras estaciones de procesamiento. Estas herramientas, en parte muy complejas, deben utilizarse de manera eficaz y protegerse de modo conveniente.

La fig. 1 muestra una representación esquemática de un dispositivo 100 para la monitorización de un proceso de estampado según la descripción. El dispositivo 100 sirve para monitorizar un proceso de estampado, en el que una herramienta de estampado, por ejemplo, una herramienta de estampado 430, como se describe con más detalle en la figura 4, para estampar un material, se mueve periódicamente desde una posición inicial 410 a una posición final 410, como se muestra, por ejemplo, de forma ilustrativa en la figura 4. A este respecto, la posición final 410 es igual a la posición inicial 410, es decir, la posición que se vuelve a adoptar después de un período, es decir, después de pasar por un ángulo de 360°.

El dispositivo 100 está configurado para obtener primeros datos 101 que indican una fuerza ejercida por la herramienta de estampado sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final. La fuerza, que aquí se denomina pseudofuerza, resulta de las vibraciones y flexiones elásticas que actúan sobre la herramienta de estampado durante el proceso de estampado.

El dispositivo 100 está configurado para obtener segundos datos 102 que indican un ángulo o un recorrido que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final.

El dispositivo 100 además está configurado para determinar un momento de mantenimiento 104 de la herramienta de estampado en base a un modelo de predicción 110, que mediante los primeros datos 101 y los segundos datos 102 predice un estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado.

El dispositivo puede comprender, por ejemplo, un circuito electrónico o un procesador o un controlador para realizar las funciones indicadas anteriormente. Este puede ser un controlador numérico para controlar el proceso de estampado o un procesador u ordenador separado en el que se pueden realizar las funciones descritas anteriormente.

El modelo de predicción 110 puede predecir el estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado 430 en base a un modelo de estado que se puede determinar a partir de los primeros datos y los segundos datos. De hecho, la representación 430 solo muestra la parte superior de la herramienta de estampado, pero no la herramienta de estampado completa. Sin embargo, para simplificar y facilitar la ilustración, aquí se muestra la herramienta de estampado con el número de referencia 430.

Los primeros datos indican la fuerza por medio de una flexión o deformación de la herramienta de estampado, que actúa sobre la herramienta de estampado 430 debido al proceso de estampado.

El dispositivo 100 puede estar diseñado para determinar el momento de mantenimiento de la herramienta de estampado en base a los primeros y los segundos datos y a por lo menos un valor umbral predeterminado.

El dispositivo también puede estar configurado para obtener terceros datos que indiquen una temperatura de la herramienta de estampado. El modelo de predicción también puede predecir el estado de desgaste de la herramienta de estampado mediante los terceros datos en combinación con los primeros datos y los segundos datos.

Los primeros datos 101 pueden ser, por ejemplo, datos de sensor, de sensores piezoeléctricos que están situados en la herramienta de estampado. Los datos de sensor proporcionan datos, que en esta descripción también se denominan como datos de una "pseudofuerza". Los sensores piezoeléctricos se basan en el efecto piezoeléctrico, que describe el cambio de la polarización eléctrica y, por lo tanto, la aparición de una tensión eléctrica en los cuerpos sólidos, cuando estos se deforman elásticamente. Mediante este cambio de polarización se puede deducir la fuerza ejercida.

Los segundos datos 102 pueden comprender una información angular 202 de un codificador giratorio de la herramienta de estampado, por ejemplo una información angular 401 de una excéntrica de una prensa excéntrica, como se describe con más detalle en la figura 4.

5 De manera alternativa o adicional, los segundos datos 102 pueden comprender una información de recorrido 402 de un transductor de desplazamiento de la herramienta de estampado, por ejemplo, una información de recorrido de un pistón de una prensa hidráulica.

10 El modelo de predicción 110 puede predecir el estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado 430 mediante variables de estado del proceso de estampado. Una representación a modo de ejemplo de una herramienta de estampado se muestra en la figura 3. Las variables de estado pueden comprender, por ejemplo, lo siguiente: la fuerza 201 (véase la figura 2) que se ejerce sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado 430 desde la posición inicial 410 a la posición final 420 mediante la herramienta de estampado 430; el ángulo 202, 401 o el recorrido 402 que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final; una temperatura de la herramienta de estampado.

15 El ruido de impacto es el sonido que se propaga en un cuerpo sólido, como en la herramienta de estampado. Esto incluye sacudimientos en la herramienta de estampado, la transmisión de vibraciones o también las ondas ultrasónicas utilizadas para la prueba de materiales. Además de las tensiones normales, la herramienta de estampado también puede absorber tensiones de cizallamiento. Por lo tanto, en la herramienta de estampado se pueden propagar dos tipos diferentes de ondas del ruido de impacto, que se propagan independientemente unas de otras: ondas longitudinales y ondas transversales. La velocidad del sonido resulta afectada por la densidad, la rigidez acústica, el índice de contracción transversal, el módulo de elasticidad y el módulo de cizallamiento.

20 El modelo de predicción 110 puede estar configurado para predecir el estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado en base a una compensación de una influencia térmica 300 mediante un calentamiento de la herramienta de estampado 430 en el transcurso del proceso de estampado. La influencia térmica se puede determinar por medio de los terceros datos descritos anteriormente. Por lo tanto, el modelo de predicción con la información adicional de temperatura debido a los terceros datos puede ser capaz de compensar las influencias térmicas e interpretar de forma fiable los signos de desgaste.

25 El modelo de predicción 110 puede estar configurado para determinar una anomalía 512, 523, como se representa a modo de ejemplo en la figura 5, en el proceso de estampado en base a una magnitud de las variables de estado determinadas mediante los primeros datos 101 y los segundos datos 102, con respecto a uno o varios valores de referencia, y para detectar 513, 524 una anomalía 512, 523 cuando la magnitud determinada supera un valor límite predeterminado. Los procedimientos de aprendizaje automático también se pueden utilizar para detectar anomalías.

30 El dispositivo 100 puede estar diseñado para almacenar una anomalía detectada 531 y, en base a una clasificación de errores 540, para asociar la anomalía a un tipo de error, como se describe con mayor detalle, por ejemplo, con relación a la figura 5.

35 La clasificación de errores 540 puede tener lugar en base a una asociación manual 533, realizada previamente, de anomalías encontradas hasta el momento, a tipos de errores y, en caso de que se presenten nuevas anomalías puede tener lugar una ampliación automática de la clasificación de errores 534 en base a una asociación de las nuevas anomalías que se han presentado, a nuevos tipos de errores, como se describe por ejemplo con mayor detalle con relación a la figura 5.

40 El dispositivo 100 puede estar configurado para determinar el momento de mantenimiento 104 de la herramienta de estampado en base a un modelo de regresión 514 que predice una vida útil restante de la herramienta de estampado 430 según el estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado 430, como se describe por ejemplo con mayor detalle con relación a la figura 5.

45 El modelo de regresión 514 puede estar configurado para representar un curso de desgaste no lineal de la herramienta de estampado 430 en una vida útil restante lineal de la herramienta de estampado, como se describe con mayor detalle, por ejemplo, con relación a la figura 5.

50 El dispositivo 100 puede estar configurado para entrenar el modelo de regresión 514 en un estado de entrenamiento 520 del proceso de estampado con un conjunto de datos de entrenamiento predeterminado 525 y para probarlo en un estado de prueba del proceso de estampado con un conjunto de datos de prueba que comprende los primeros datos 101 y los segundos datos 102. El proceso de estampado se puede realizar en base a datos reales en el proceso de producción, que incluyen los primeros datos 101 y los segundos datos 102.

El dispositivo 100 puede estar configurado para determinar y mostrar el momento de mantenimiento 104 de la herramienta de estampado 430 según períodos aún restantes de la herramienta de estampado desde la posición inicial 410 a la posición final 420, y de regreso.

55 La fig. 2a/b muestra dos representaciones a modo de ejemplo 200a, 200b de la información de fuerza-ángulo 200a, 200b, como datos de entrada para el modelo de predicción según la descripción.

- Los dos diagramas 200a, 200b muestran los datos de fuerza registrados (en correspondencia con los primeros datos 101 de la figura 1) con respecto a los datos angulares registrados (en correspondencia con los segundos datos 102 de la figura 1), en cada caso como grupo de curvas a lo largo de dos días, donde el primer día (02/11/2020) se encuentra al principio del período de medición y el último día (15/02/2020) al final del período de medición. Por lo tanto, el período de medición se extiende durante varios meses. En el diagrama 200a de la figura 2a, las curvas de fuerza-ángulo del primer día (02/11/2020) se muestran como el primer grupo de curvas 211 y las curvas de fuerza-ángulo del último día (15/02/2020) se muestran como el segundo grupo de curvas 212. La medición se interrumpió el último día (15/02/2020) debido al desgaste pronunciado. Si se comparan los dos grupos de curvas 211 y 212, se puede observar que el primer pico destacado 214, en el segundo grupo de curvas 212, registra cambios en forma y características.
- El diagrama inferior 200b muestra el mismo primer grupo de curvas 211 desde el primer día (02/11/2020) y un tercer grupo de curvas 213 desde el último día de la medición, pero que solo se registró después del mantenimiento realizado (el 18/02/2020). Aquí se puede apreciar que después de realizado el mantenimiento, el primer pico llamativo 214 vuelve a ser visible. Por lo tanto, la reducción del pico 214 representa un fenómeno relacionado con el desgaste.
- Hasta el momento, las herramientas se mantienen según intervalos estáticos. Los sucesos imprevisibles como, por ejemplo, un pequeño desecho de estampado que se produce, es decir, una sección separada de la chapa, un error operativo o una película lubricante que se desgarran, pueden tener un efecto negativo sobre la vida útil de una herramienta, de modo que aún dentro del intervalo de mantenimiento definido se puede alcanzar el límite físico de la herramienta. Si sucede lo mencionado, los elementos de corte se rompen en el peor de los casos.
- Con la ayuda de procedimientos de aprendizaje automático ("Procedimientos de Machine-Learning"), las curvas de fuerza-ángulo se pueden utilizar para determinar el estado, como se muestra en los diagramas 200a, 200b. El aprendizaje automático es un término general para la generación "artificial" de conocimiento a partir de la experiencia: un sistema artificial aprende de los ejemplos y puede generalizarlos una vez finalizada la fase de aprendizaje. Para ello, los algoritmos de aprendizaje automático construyen un modelo estadístico basado en datos de entrenamiento. Esto significa que no solo se memorizan los ejemplos, sino que se reconocen patrones y regularidades en los datos de aprendizaje, de modo que el sistema también puede evaluar datos desconocidos.
- Además, se pueden utilizar modelos adicionales de IA (inteligencia artificial) para detectar y clasificar estados de error. En el caso más simple, el curso futuro se puede aproximar a través de una función lineal. Sin embargo, en tanto la situación de los datos lo permita, un modelo de regresión se puede utilizar para aumentar la precisión de la predicción. Los detalles al respecto se describen más adelante con relación a la figura 5.
- Actualmente, se utilizan intervalos de mantenimiento estáticos que no funcionan correctamente en caso de eventos inesperados, como un accidente o suciedad. En este caso, la herramienta de estampado podría estar en un estado ya crítico. Luego, si el trabajador continúa con la producción, la herramienta se dañará o puede destruirse. Con un modelo de aprendizaje automático, se puede realizar una regresión para estimar cómo será el desarrollo más *probable* de *Wmech*. Con esta información, en combinación con el conocimiento del límite físico, se puede predecir la vida útil restante de la herramienta de estampado. Si los datos históricos contienen curvas que indican roturas, se puede acceder a información sobre el límite físico.
- La figura 3 muestra una representación a modo de ejemplo de una herramienta de estampado 300. La herramienta de estampado está estructurada en varias capas y comprende placas funcionales 310 y placas de bastidor 320. Las placas de bastidor 320 comprenden listones de sujeción inferiores 326, sobre los que está dispuesta la placa base 325. En la placa base 325, las tiras de estampado 324 del producto están dispuestas en el plano de mecanizado. Por encima se encuentra una placa intermedia 323, sobre la placa intermedia 323 está dispuesta la placa superior 322 y por encima de la placa superior 322 está dispuesta la placa de sujeción superior 321.
- Las placas funcionales 310 comprenden la placa de corte endurecida 314 con la que se realiza el corte. Por encima se encuentra la placa guía/de rascado 313 endurecida. Ambas placas 314, 313 se encuentran entre la placa intermedia 323 y la placa base 325. Sobre la placa intermedia 323 están dispuestas la placa de sujeción del punzón 312 endurecida o blanda, y sobre esta la placa de presión 311 endurecida.
- La fig. 4 muestra una representación a modo de ejemplo de los estados 400a, 400b, 400c de un proceso de estampado en el ejemplo de una prensa excéntrica.
- La figura 4 muestra una herramienta de estampado 430 en el ejemplo de una prensa excéntrica. La herramienta de estampado 430, para estampar el material, se mueve periódicamente, desde una posición inicial 410 a una posición final 410 que coincide con la posición inicial 410 debido a la periodicidad del proceso de estampado. En la representación 400a, la herramienta de estampado 430 se encuentra en una primera posición, en la que adopta un ángulo 401 de $\alpha=90^\circ$, lo que corresponde a un recorrido x 402. En la representación 400b, la herramienta de estampado 430 se encuentra en una segunda posición, en la que adopta un ángulo 401 de $\alpha=120^\circ$, lo que corresponde a un recorrido x 402. En la representación 400c, la herramienta de estampado 430 se encuentra en una tercera posición, en la que adopta un ángulo 401 de $\alpha=160^\circ$, lo que corresponde a un recorrido x 402.

La herramienta de estampado 430 se mueve periódicamente entre una posición inicial 410 (que aquí solo está indicada), a través de una posición intermedia 420 (que aquí solo está indicada), también denominada punto muerto inferior, a una posición final 410, que de nuevo corresponde a la posición inicial 410, para posibilitar el estampado. La posición inicial 410 corresponde a un ángulo 401 de $\alpha=0^\circ$, la posición intermedia 420 corresponde a un ángulo 401 de $\alpha=180^\circ$ y la posición final 410 corresponde de nuevo a un ángulo 401 de $\alpha=0^\circ$.

La fig. 5 muestra un diagrama de flujo de mensajes para ilustrar el modelo de predicción 500 según la descripción. El modelo de predicción puede ser el modelo de predicción 110 ya descrito con relación a la figura 1, con el que a partir de los primeros y segundos datos 101, 102 puede determinarse un estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado y, con ello, un momento de mantenimiento 104.

El modelo de predicción 500 comprende tres bloques principales que corresponden a los tres estados diferentes del modelo de predicción 500, a saber, producción 510, entrenamiento 520 y entrenamiento de clasificación 530. En el entrenamiento 520, el modelo de predicción se carga con datos de entrenamiento para ajustar el modelo adecuadamente. En el entrenamiento de clasificación, la clasificación del modelo se ajusta adecuadamente según los eventos ocurridos. En la producción, el modelo de predicción 500 se encuentra en el estado de trabajo, en el que, según la figura 1, se puede determinar el estado de desgaste 103 de la herramienta de estampado y se puede determinar un momento de mantenimiento adecuado en base a los ajustes realizados anteriormente.

A continuación, el modelo de predicción 500 se describe con más detalle mediante las etapas de proceso individuales del diagrama de flujo de mensajes.

El bloque de entrenamiento 520 comienza con el tratamiento de datos 521. En el tratamiento de datos 521 se leen los datos de todas las mediciones de fuerza necesarias, que corresponden a los primeros datos 101 descritos con relación a la figura 1. Las mediciones pueden estar almacenadas, por ejemplo, en archivos CSV. Cada archivo contiene datos de una carrera de estampado. Los datos no válidos se eliminan aquí, por lo que no se tienen en cuenta para la predicción. Con los datos se interpolan las curvas de fuerza-ángulo, como se muestra, por ejemplo, en la figura 2.

Además, se pueden leer valores de temperatura, por ejemplo, según la figura 1, como terceros datos (no representado en la figura 1), para con estos valores poder considerar el comportamiento térmico del proceso de estampado. Las curvas de fuerza-ángulo se interpolan y la influencia térmica se compensa de modo correspondiente.

Al tratamiento de datos 521 le sigue el etiquetado automático 522 o marcado. Para entrenar los modelos de aprendizaje automático se utiliza un conjunto de datos que contiene al menos un ciclo de vida completo, es decir, desde el estado "herramienta recientemente mantenida" hasta el estado "rotura de la herramienta" o "producción de desechos". La última curva (correspondiente al estado "producción de desechos") recibe la etiqueta 0 % y la primera (correspondiente al estado "herramienta recientemente mantenida") la etiqueta 100%. Todas las curvas de fuerza-ángulo reciben los valores porcentuales correspondientes en orden descendente. Los porcentajes representan la vida útil restante (en inglés: "Remaining Useful Life", RUL).

Al etiquetado automático 522 le sigue la detección de anomalías 523, 524. Para la detección de anomalías, además de algoritmos de aprendizaje automático como por ejemplo el "Local Outlier Factor" o el "One-Class Support Vector Machine" y "Deep Learning", pueden utilizarse algoritmos como el autocodificador, o también procedimientos matemáticos más simples.

Para el conjunto de datos de entrenamiento se generan varias curvas de referencia mediante la formación de valores medios. Si la diferencia entre las curvas de fuerza-ángulo y la respectiva curva de referencia es mayor que un límite predefinido, se trata entonces de una anomalía. El límite se puede definir mediante el producto de la desviación estándar y un factor a determinar. Un experto puede ajustar el factor hasta que se presente el resultado deseado y se detecten de forma fiable todos los errores de producción.

Si ha sido detectada una anomalía 524, el procesamiento continúa con el entrenamiento de clasificación de bloques 530, a saber, con la etapa 531. Si no ha sido detectada ninguna anomalía 524, entonces el procesamiento continúa con el entrenamiento de regresión 525.

En el entrenamiento de regresión 525 o el entrenamiento regresor, el conjunto de datos limpiado de valores atípicos se divide a continuación en un conjunto de datos de entrenamiento y de prueba. Un algoritmo "XGBoost" se puede utilizar aquí, por ejemplo, para la regresión. El modelo entrenado es capaz de indicar el estado actual de la herramienta como RUL en %. Después del entrenamiento, el modelo se prueba con un conjunto de datos no conocido hasta el momento. Dado que los valores objetivo disminuyen linealmente durante el etiquetado, se puede utilizar un simple conjunto de tres para estimar el curso futuro. El modelo de regresión actúa como una linealización, ya que el desgaste se comporta de forma no lineal, pero la RUL o el desarrollo de la vida útil restante es lineal. Con la aproximación de los valores futuros, es posible expresar la vida útil restante en el número de carreras restantes, lo que implica una ventaja considerable para la producción. Si la aproximación lineal resultara demasiado imprecisa, se puede utilizar un segundo modelo de regresión para estimar el curso con mayor precisión. Sin embargo, para ello puede ser necesaria una base de datos más extensa.

Después del entrenamiento de regresión 525, se continúa con la etapa del proceso "Guardar modelo" 526. Aquí se almacena el modelo entrenado para un uso posterior.

5 Como se mencionó anteriormente, en el caso de que se haya detectado una anomalía en la etapa 523/524, el procesamiento continúa con el entrenamiento de clasificador de bloques 530, es decir, con la etapa 531, en la que se almacenan las anomalías detectadas.

Después de guardar las anomalías, se continúa con la etapa "agrupaciones de anomalías" 532. El agrupamiento de las anomalías encontradas sirve como soporte para el siguiente etiquetado manual 533. Se deben agrupar tipos de errores similares, de modo que el experto solo tenga que etiquetar los grupos y no cada curva individual.

10 En la etapa del proceso "Etiquetado manual" 533, un experto en tecnología de estampado examina los grupos formados, controla la calidad de la agrupación y asigna la etiqueta correspondiente.

Sigue la etapa del proceso "Entrenamiento de clasificación" 534 o entrenamiento de clasificador. El conjunto de datos ahora generado se utiliza para entrenar y probar el clasificador, de modo que se puede realizar una detección automática del tipo de error durante la producción. Un valor de confianza se puede utilizar para decidir si un error encontrado es un nuevo tipo de error.

15 Después del "Entrenamiento de clasificación" 534, sigue la etapa "Guardar modelo" 535. Al final del proceso descrito anteriormente, el clasificador entrenado también se puede almacenar.

20 Durante la producción, se pasa por el bloque 510. En la producción 510, la secuencia de trabajo es en gran medida idéntica a aquella del entrenamiento 520. Las curvas de fuerza-ángulo solo se pueden leer aquí secuencialmente y no "por lotes" o pilas. Tan pronto como se disponga de un clasificador ya entrenado, este sustituirá al bloque "Entrenamiento de clasificador 530".

Las etapas individuales del proceso del bloque "Producción" 510 se describen brevemente aquí para una mejor legibilidad.

25 El bloque de producción 510 comienza con el tratamiento de datos 511. En el tratamiento de datos 511 se leen los datos de todas las mediciones de fuerza necesarias, que corresponden a los primeros datos 101 descritos con relación a la figura 1. Las mediciones pueden estar almacenadas, por ejemplo, en archivos CSV. El tratamiento de datos 511 es análogo al tratamiento de datos 521 del bloque de entrenamiento 520 descrito anteriormente.

30 Al tratamiento de datos 511 le sigue la detección de anomalías 512, 513. Para la detección de anomalías, además de algoritmos de aprendizaje automático como por ejemplo el "Local Outlier Factor" o el "One-Class Support Vector Machine" y "Deep Learning", pueden utilizarse algoritmos como el autocodificador, o también procedimientos matemáticos más simples, como se describió anteriormente con relación a la etapa 523/524 del bloque de entrenamiento 520.

35 Si ha sido detectada una anomalía 513, el procesamiento continúa con el entrenamiento de clasificación de bloques 530, a saber, con la etapa 531. Si no ha sido detectada ninguna anomalía 513, entonces el procesamiento continúa con el modelo de regresión 514. El modelo de regresión 514 se carga inicialmente una vez y, por lo tanto, está disponible para cada nueva curva de fuerza-ángulo. Se utiliza aquí el modelo de regresión previamente determinado, que se guardó en la etapa 526. Sin embargo, no es necesario filtrar las anomalías. Al utilizar procedimientos de "Deep Learning" también se pueden mantener anomalías para la estimación de la vida útil restante (RUL).

A continuación, sigue la etapa "Estimación del estado" 515. Como se describió anteriormente con relación a la etapa 525, el modelo entrenado es capaz de indicar el estado actual de la herramienta de estampado como RUL en %.

40 A continuación sigue la etapa del proceso "Regresión" 516, en la que el modelo de regresión puede ser cargado con los datos de la producción descritos anteriormente, por ejemplo, según los primeros datos 101 y los segundos datos 102, como se describió anteriormente con relación a la figura 1. Dado que los valores objetivo disminuyen linealmente durante el etiquetado, se puede utilizar un simple conjunto de tres para estimar el curso futuro. El modelo de regresión actúa como una linealización, ya que el desgaste se comporta de forma no lineal, pero la RUL o el desarrollo de la vida útil restante es lineal. Con la aproximación de los valores futuros, es posible expresar la vida útil restante en el número de carreras restantes, lo que implica una ventaja considerable para la producción. Si la aproximación lineal resultara demasiado imprecisa, se puede utilizar un segundo modelo de regresión para estimar el curso con mayor precisión. Sin embargo, para ello puede ser necesaria una base de datos más extensa.

50 Después de la regresión 516 se continúa con la etapa del proceso "Transferencia de los datos determinados" 517, en la que se muestran los resultados de la predicción 500, por ejemplo, se pueden guardar en un archivo y reenviar para su visualización.

A continuación se describe un enfoque generalizado con el que se puede mejorar aún más el proceso descrito aquí, de modo que el proceso no solo es adecuado para un proceso de estampado con una herramienta de estampado determinada, sino para una pluralidad de procesos de estampado con diferentes herramientas de estampado o un proceso de estampado con herramientas de estampado respectivamente diferentes.

5 Para poder determinar el límite físico de una herramienta de estampado, puede ser necesario que el registro de datos de entrenamiento contenga el ciclo de vida completo de la herramienta y, por lo tanto, datos sobre el límite físico. La generación de un conjunto de datos de este tipo es muy lenta y costosa, ya que el riesgo de producir desechos durante la fase experimental es alto. Además, existe la posibilidad de que los elementos de corte puedan romperse. En un enfoque generalizado, este límite físico se puede aproximar matemáticamente.

10 Dado que las curvas de fuerza-ángulo de las respectivas herramientas de estampado de diferentes procesos de estampado difieren en parte considerablemente, puede ser necesario formar un constructo de IA separado para cada herramienta individual, según el diagrama de flujo de mensajes aquí descrito del modelo de predicción de la figura 5.

15 En una forma generalizada del modelo de predicción, se pueden formar los así llamados "vectores feature", es decir, vectores de características, con la ayuda de una extracción de características, que contienen toda la información necesaria y permiten un enfoque de predicción más general, que también es adecuado para la predicción del proceso de estampado con diferentes herramientas de estampado. De este modo, la predicción se puede diseñar de manera más eficiente mediante el uso del mismo constructo de IA o modelo de predicción para varias herramientas.

La fig. 6 muestra una representación esquemática de un procedimiento 600 para monitorizar un proceso de estampado según la descripción.

20 El procedimiento 600 es adecuado para la monitorización de un proceso de estampado, en el que una herramienta de estampado 430, como se muestra a modo de ejemplo en la figura 4, se mueve periódicamente desde una posición inicial 410 a una posición final 420, para estampar un material.

El procedimiento presenta las siguientes etapas:

25 la obtención 601 de primeros datos 101, como se describió anteriormente con relación a la figura 1, que indican una fuerza ejercida por la herramienta de estampado sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final;

30 la obtención 602 de segundos datos 102, como se describió anteriormente con relación a la figura 1, que indican un ángulo o un recorrido que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final; y la determinación 603 de un momento de mantenimiento de la herramienta de estampado 430 en base a un modelo de predicción que, mediante los primeros datos y los segundos datos, predice un estado de desgaste de la herramienta de estampado, como se describió anteriormente con relación a las figuras 1 a 5.

Lista de referencias

100	Dispositivo para la monitorización de un proceso de estampado
101	Primeros datos
35 102	Segundos datos
103	Estado de desgaste
104	Momento de mantenimiento
110	Modelo de predicción
200a	Información de fuerza-ángulo
40 200b	Información de fuerza-ángulo
201	Fuerza o pseudofuerza
202	Ángulo
211	Primer grupo de curvas
212	Segundo grupo de curvas
45 213	Tercer grupo de curvas
214	Pico o valor máximo

ES 2 982 908 T3

	300	Herramienta de estampado
	310	Placas funcionales
	311	Placa de presión
	312	Placa de sujeción del punzón
5	313	Placa guía/de rascado
	314	Placa de corte
	320	Placas de bastidor
	321	Placa de sujeción arriba
	322	Placa superior
10	323	Placa intermedia
	324	Tiras de estampado (producto)
	325	Placa base
	326	Listones de sujeción inferiores
	400a	Primer estado de un proceso de estampado en el ejemplo de una prensa excéntrica
15	400b	Segundo estado del proceso de estampado
	400c	Tercer estado del proceso de estampado
	401	Información angular
	402	Información de recorrido
	410	Posición inicial y posición final de la herramienta de estampado
20	420	Posición intermedia de la herramienta de estampado
	430	Herramienta de estampado
	500	Diagrama de flujo de mensajes para ilustrar el modelo de predicción
	510	Producción
	520	Entrenamiento
25	530	Línea separada para el entrenamiento de clasificación
	511	Tratamiento de datos
	512	Detección de anomalías
	513	Detección de una anomalía
	514	Cargar modelo de regresión
30	515	Estimar el estado
	516	Regresión
	517	Enviar archivo
	521	Tratamiento de datos
	522	Marcado
35	523	Detección de anomalías
	524	Detección de una anomalía
	525	Entrenamiento de regresión

ES 2 982 908 T3

	526	Almacenamiento de los modelos
	600	Procedimiento para monitorizar un proceso de estampado
	601	Primera etapa del procedimiento
	602	Segunda etapa del procedimiento
5	603	Tercera etapa del procedimiento

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (100) para monitorizar un proceso de estampado en el que una herramienta de estampado (430, 300), para estampar un material, se mueve periódicamente desde una posición inicial (410) a una posición final (420), en el que el dispositivo (100) está configurado para
- 5 obtener primeros datos (101), que indican una fuerza ejercida por la herramienta de estampado sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final;
- obtener segundos datos (102) que indican un ángulo o un recorrido que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final; caracterizado por que
- el dispositivo, además, está configurado para
- 10 determinar un momento de mantenimiento (104) de la herramienta de estampado en base a un modelo de predicción (110) que, mediante los primeros datos (101) y los segundos datos (102), predice un estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado;
- en el que el modelo de predicción (110) está configurado para predecir el estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado en base a una compensación de una influencia térmica (300) debido a un calentamiento de la herramienta de estampado (430) en el transcurso del proceso de estampado.
- 15
2. Dispositivo (100) según la reivindicación 1,
- en el que los primeros datos indican la fuerza por medio de una flexión o deformación de la herramienta de estampado, que actúa sobre la herramienta de estampado (430) debido al proceso de estampado.
3. Dispositivo (100) según la reivindicación 1 o 2,
- 20 en el que el dispositivo (100) está configurado para determinar el momento de mantenimiento (104) de la herramienta de estampado (430) en base a los primeros y los segundos datos y a por lo menos un valor umbral predeterminado.
4. Dispositivo (100) según la reivindicación 3,
- 25 en el que el dispositivo también está configurado para obtener terceros datos que indican una temperatura de la herramienta de estampado, en el que el modelo de predicción predice el estado de desgaste de la herramienta de estampado mediante los terceros datos, en combinación con los primeros datos (101) y los segundos datos (102).
5. Dispositivo (100) según la reivindicación 4,
- en el que el modelo de predicción (110) está configurado para representar en la predicción una compensación de la influencia térmica (300) debido al calentamiento de la herramienta de estampado (430) en el transcurso del proceso de estampado.
- 30
6. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- en el que los primeros datos (101) son datos de sensor, de sensores piezoeléctricos que están situados en la herramienta de estampado.
7. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 35 en el que los segundos datos (102) comprenden una información angular (202, 401) de un codificador giratorio de la herramienta de estampado, en particular una información angular (401) de una excéntrica de una prensa excéntrica (400a, 400b, 400c); o
- en el que los segundos datos (102) comprenden una información de recorrido (402) de un transductor de desplazamiento de la herramienta de estampado, en particular una información de recorrido de un pistón de una prensa hidráulica.
- 40
8. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- en el que el modelo de predicción (110) predice el estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado (430) mediante variables de estado del proceso de estampado, en el que las variables de estado comprenden lo siguiente:
- 45 vibraciones y flexiones elásticas (201) que actúan sobre la herramienta de estampado (430) durante el movimiento de la herramienta de estampado (430) desde la posición inicial (410) a la posición final (420);

el ángulo (202, 401) o el recorrido (402) que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final,

una temperatura de la herramienta de estampado.

9. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

5 en el que el modelo de predicción (110) está configurado para determinar una anomalía (512, 523) en el proceso de estampado en base a una magnitud de una variable de estado determinada mediante los primeros datos (101) y los segundos datos (102), con respecto a uno o varios valores de referencia, y para detectar (513, 524) una anomalía (512, 523) cuando la magnitud determinada supera un valor límite predeterminado.

10. Dispositivo (100) según la reivindicación 9,

10 en el que el dispositivo (100) está configurado para almacenar una anomalía detectada (531) y para asociar la anomalía a un tipo de error, en base a una clasificación de errores (540).

11. Dispositivo (100) según la reivindicación 10,

15 en el que la clasificación de errores (540) tiene lugar en base a una asociación manual (533), realizada previamente, de anomalías encontradas hasta el momento, a tipos de errores y, en caso de que se presenten nuevas anomalías tiene lugar una ampliación automática de la clasificación de errores (534) en base a una asociación de las nuevas anomalías que se han presentado, a nuevos tipos de errores.

12. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

20 en el que el dispositivo (100) está configurado para determinar el momento de mantenimiento (104) de la herramienta de estampado en base a un modelo de regresión (514) que predice una vida útil restante de la herramienta de estampado (430) según el estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado (430).

13. Dispositivo (100) según la reivindicación 12,

en el que el modelo de regresión (514) está configurado para representar un curso de desgaste no lineal de la herramienta de estampado (430) en una vida útil restante lineal de la herramienta de estampado.

14. Dispositivo (100) según la reivindicación 12 o 13,

25 en el que el dispositivo (100) está configurado para entrenar el modelo de regresión (514) en un estado de entrenamiento (520) del proceso de estampado con un conjunto de datos de entrenamiento predeterminado (525) y para probarlo en un estado de prueba del proceso de estampado con un conjunto de datos de prueba que comprende los primeros datos (101) y los segundos datos (102).

15. Dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

30 en el que el dispositivo (100) está configurado para determinar el momento de mantenimiento (104) de la herramienta de estampado (430) según períodos aún restantes de la herramienta de estampado desde la posición inicial (410) a la posición final (420).

16. Procedimiento (600) para la monitorización de un proceso de estampado en el que una herramienta de estampado (430), para estampar un material, se mueve periódicamente desde una posición inicial (410) a una posición final (420), en el que el procedimiento presenta las siguientes etapas:

obtención (601) de primeros datos (101), que indican una fuerza ejercida por la herramienta de estampado sobre el material durante el movimiento de la herramienta de estampado desde la posición inicial a la posición final;

obtención (602) de segundos datos (102) que indican un ángulo o un recorrido que la herramienta de estampado ha recorrido durante el movimiento desde la posición inicial a la posición final; caracterizado por que

40 el procedimiento también presenta las siguientes etapas determinación (603) de un momento de mantenimiento de la herramienta de estampado (430) en base a un modelo de predicción (110) que, mediante los primeros datos (101) y los segundos datos (102), predice un estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado;

45 en el que el modelo de predicción (110) predice el estado de desgaste (103) de la herramienta de estampado en base a una compensación de una influencia térmica (300) mediante un calentamiento de la herramienta de estampado (430) en el transcurso del proceso de estampado.

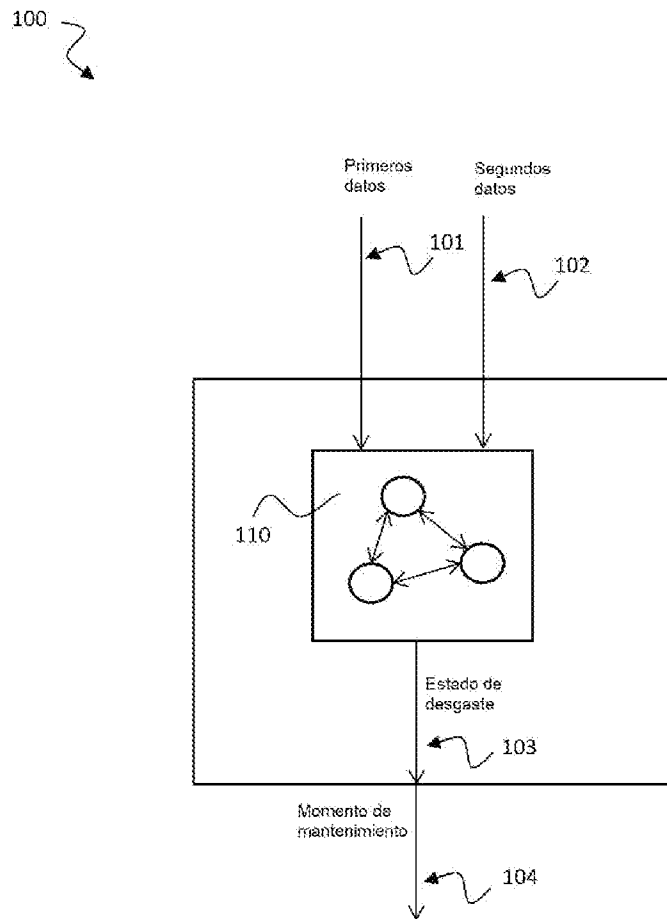


Fig. 1

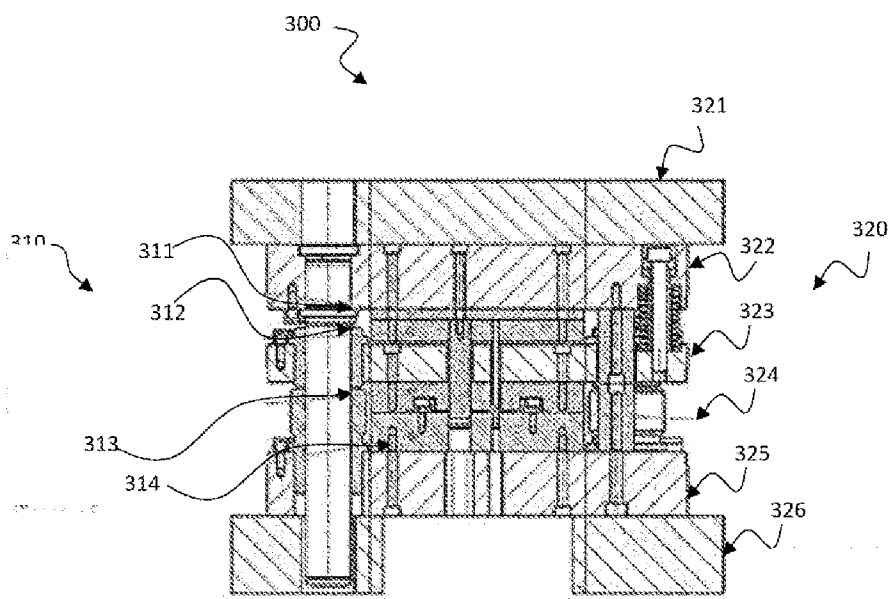


Fig. 3

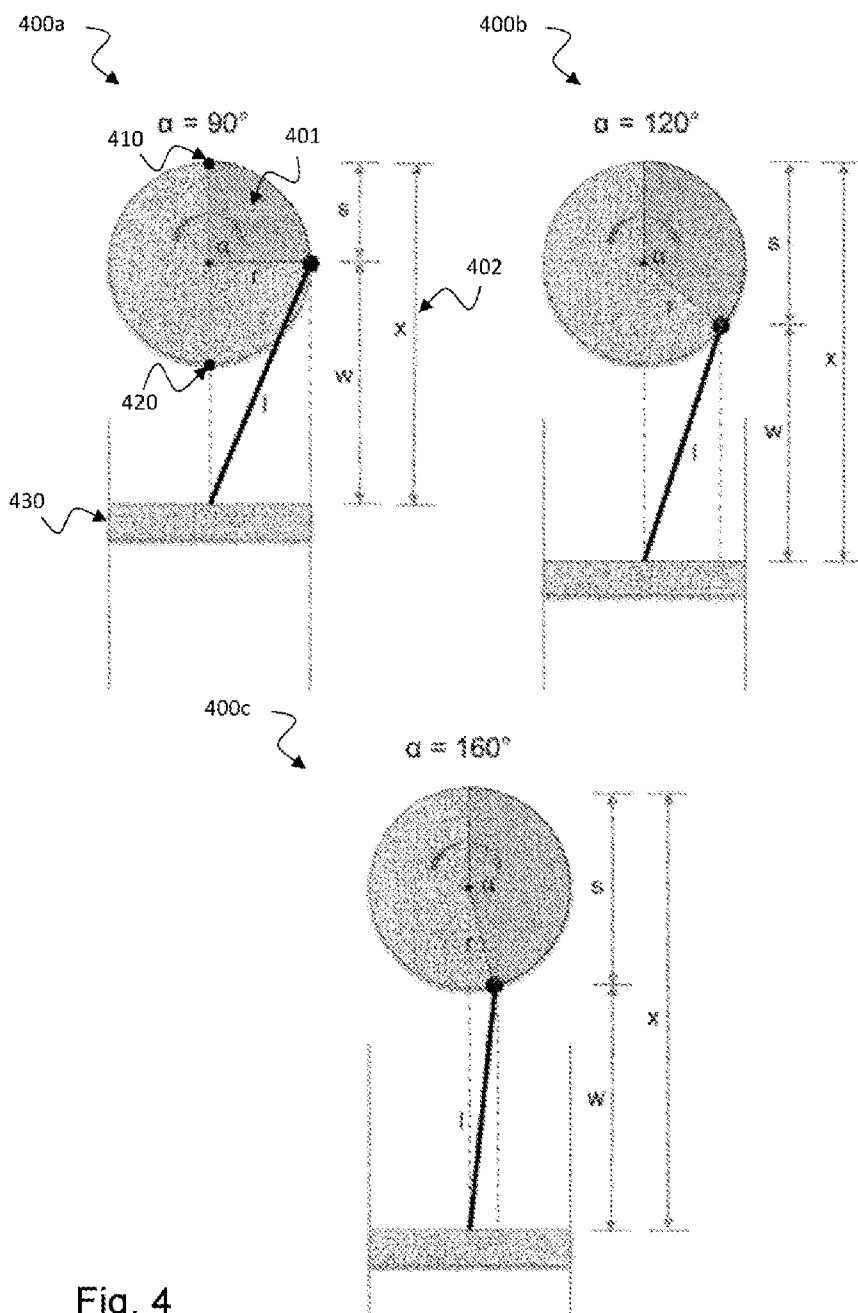


Fig. 4

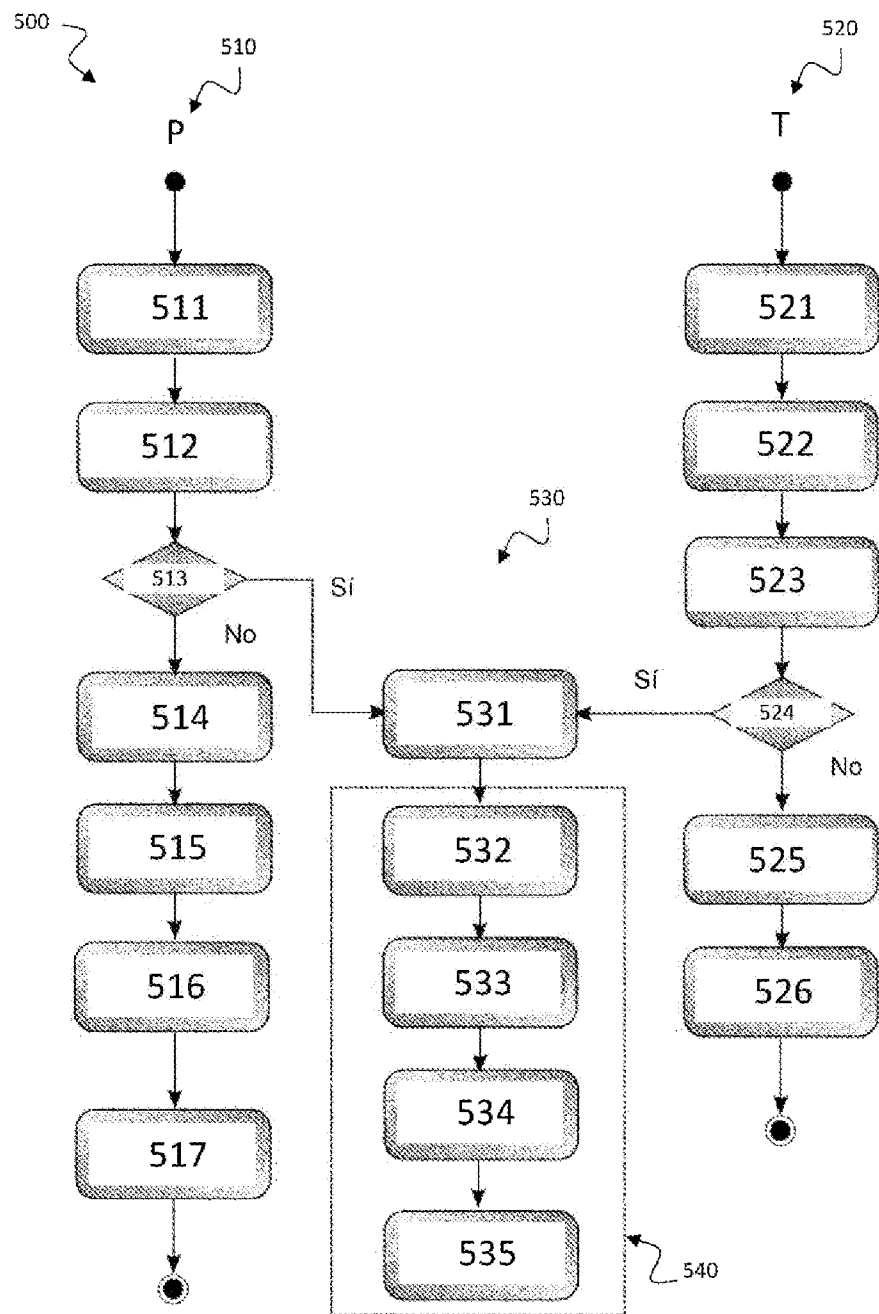


Fig. 5

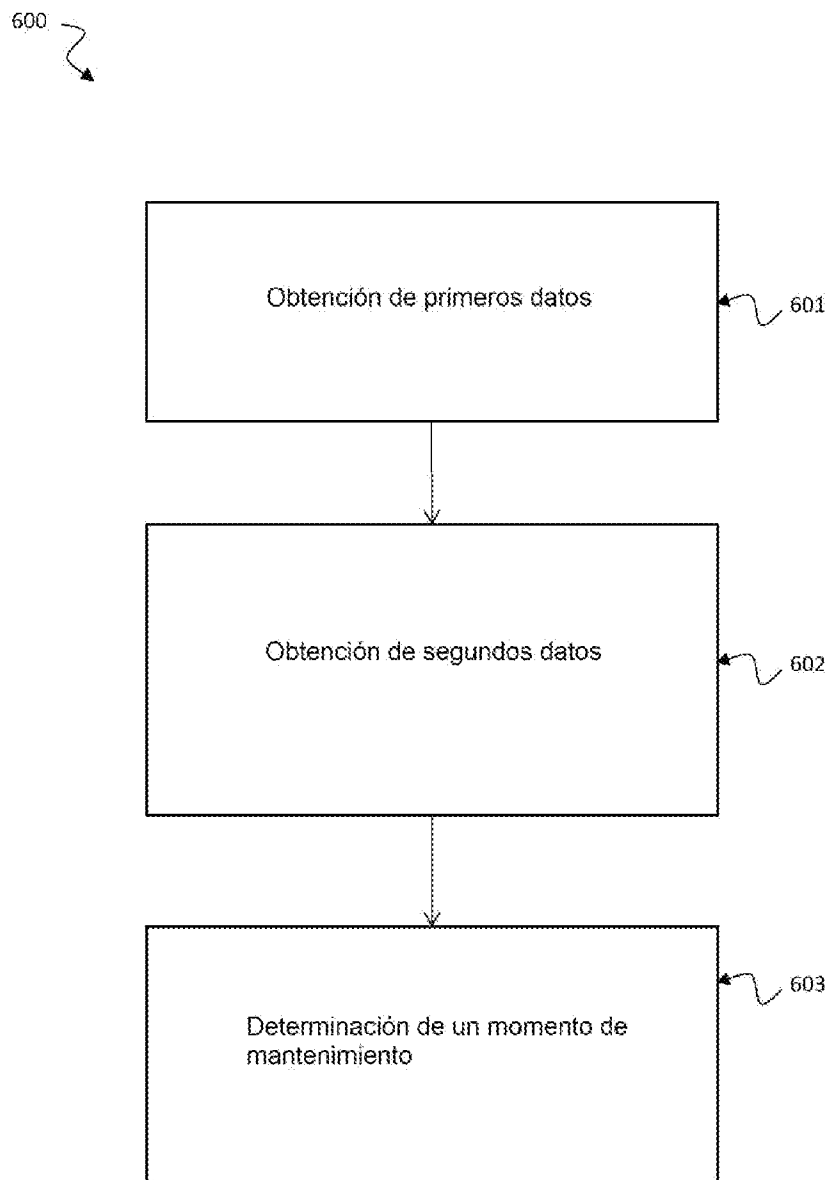


Fig. 6